

VŠB – Technická univerzita Ostrava  
Fakulta stavební  
Katedra stavebních hmot a diagnostiky staveb

**OVĚŘOVÁNÍ VLASTNOSTÍ PŘEKLIŽOVANÝCH DESEK PRO  
APLIKACI V DETAILECH PLOCHÝCH STŘECH**

**VERIFICATION OF PLYWOOD BOARD PROPERTIES FOR  
APPLICATION IN DETAILS OF FLAT ROOF**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

Student:

Petra Koudelková

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Tereza Majstříková, Ph.D.

Ostrava 2021

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta stavební  
Katedra stavebních hmot a diagnostiky staveb

## Zadání bakalářské práce

Student: **Petra Koudelková**  
Studijní program: B3607 Stavební inženýrství  
Studijní obor: 3647R019 Stavební hmoty a diagnostika staveb  
Téma: **Ověřování vlastností překližovaných desek pro aplikaci v detailech plochých střech**  
**Verification of Plywood Board Properties for Application in Details of Flat Roof**  
Jazyk vypracování: čeština

### Zásady pro vypracování:

Překližované desky jsou uměle vyrobeným materiálem na bázi dřeva, pro něž je typická laminace dýh s vystřídáním orientace vláken o 90° v jednotlivých vrstvách. Svou konstrukcí regulují různorodost mechanických vlastností a omezují vlhkostní přetvoření v rovině překližkové desky, a proto lze tyto výrobky s výhodou použít k mnoha stavebním účelům v exteriéru i interiéru. Jednou z možností využití překližovaných desek je i aplikace v detailech plochých střech, kde jsou často vystaveny působení zvýšené vlhkosti a změnám teploty, což může vést k redukci jejich životnosti. Z tohoto důvodu bude tato práce zaměřena na laboratorní testování vybraných charakteristik překližovaných desek, které je nutné pro tuto aplikaci identifikovat.

V první části závěrečné práce (teoretická) bude rozebrána problematika překližovaných desek, obsahující popis a výrobu, jejich vlastností a aplikaci v detailech plochých střech s identifikováním působících degradačních faktorů. Ve druhé části (praktické) pak budou testovány vybrané charakteristiky u překližovaných desek různého materiálového řešení a tloušťek. Z praktického hlediska budou zkoušky zaměřeny na klíčové parametry ovlivňované prostředím, konkrétně působením teploty a vlhkosti, jako jsou změny rozměrů vzorků nebo objemové hmotnosti, a v neposlední řadě také jejich vizuální hodnocení.

### Seznam doporučené odborné literatury:

Bučko, J. Chemické spracúvanie dreva, Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2001, ISBN 80-228-1089-4  
Kuklík, P. Dřevěné konstrukce, Praha: ČKAIT, 2005, ISBN 80-86769-72-0  
Reinprecht, L. Ochrana dřeva, Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2004, ISBN 978-80-228-1863-6  
Witzany, J., et al. PDR – Poruchy, degradace a rekonstrukce, Praha: ČVUT, 2010, ISBN 978-80-01-04488-9  
ČSN EN 325 Desky na bázi dřeva - Stanovení rozměrů zkušebních těles (2012)  
ČSN EN 335 Trvanlivost dřeva a materiálů na bázi dřeva - Třídy použití: definice, aplikace na rostlé dřevo a na výrobky na bázi dřeva (2013)  
ČSN EN 789 Dřevěné konstrukce – Zkušební metody – Stanovení mechanických vlastností desek na bázi dřeva (2005)  
ČSN EN 1058 Desky na bázi dřeva - Stanovení charakteristických 5% kvantilů a charakteristických průměrů (2010)  
ČSN EN 12369-2 Desky na bázi dřeva - Charakteristické hodnoty pro navrhování dřevěných konstrukcí - Část 2: Překližované desky (2012)

ČSN EN 12871 Desky na bázi dřeva - Stanovení výkonnostních charakteristik pro nosné desky pro použití v podlahách, střeších a stěnách (2013)  
ČSN EN 13446 Desky ze dřeva - Stanovení odporu proti vytažení spojovacích prostředků (2003)  
ČSN P CEN/TS 14966 Desky na bázi dřeva - Orientační metody zkoušení některých mechanických vlastností na malých zkušebních tělesech (2006)

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Tereza Majstríková, Ph.D.**

Konzultant bakalářské práce: Ing. Ondřej Nečas

Datum zadání: 30.10.2020

Datum odevzdání: 30.04.2021



---

doc. Ing. Vlastimil Bílek, Ph.D.  
*vedoucí katedry*

---

prof. Ing. Radim Čajka, CSc.  
*děkan fakulty*

**Místopřísežné prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracovala samostatně pod vedením vedoucí bakalářské práce a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě .....

.....

Podpis studenta

### **Prohlašuji, že**

- jsem byla seznámena s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на вѣдомі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst.3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на вѣдомі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě .....

.....

Podpis studenta

## **Poděkování**

Tímto bych chtěla poděkovat všem, kteří se podíleli na vzniku této bakalářské práce. Děkuji především své vedoucí práce Ing. Tereze Majstríkové, Ph.D. za odborné vedení, trpělivost a čas strávený vedením mé bakalářské práce, za poskytování odborných připomínek, cenných a užitečných rad. Dále bych chtěla poděkovat svému konzultantovi Ing. Ondřeji Nečasovi, odborníkovi ze společnosti DEKTRADE a. s., za poskytnutí odborných rad v oblasti aplikace materiálů v plochých střechách, dále také za zajištění materiálů k realizaci praktické části. V neposlední řadě bych chtěla poděkovat své rodině a kamarádům za podporu během psaní bakalářské práce a během celého studia.

## **Anotace bakalářské práce**

Materiály na bázi dřeva jsou často využívaným konstrukčním materiálem ve stavebnictví. Díky technologickému pokroku vznikají kvalitnější lepidla a hydrofobizační přípravky, které umožňují použití těchto materiálů v konstrukcích, kde se často mění vlhkostní podmínky, jako jsou například detaily plochých střech. Stále však dochází k biologickým degradacím ve formě plísní.

Tato bakalářská práce se v první části bude zabývat fyzikálními a mechanickými vlastnostmi dřeva, dále bude popsána výroba, vlastnosti a použití materiálů na bázi dřeva, primárně však na překližované materiály, které jsou aplikovány v plochých střechách. Druhá část práce je zaměřena na zkoumání vlhkostních charakteristik překližovaných desek, které budou vystaveny vlivům různých nasimulovaných prostředí, jež mohou vznikat právě při zabudování v konstrukci. V neposlední řadě bude ověřováno bobtnání těchto desek.

### **Klíčová slova:**

materiály na bázi dřeva, překližované desky, ploché střechy, vlhkost, bobtnání

## **Annotation of bachelor thesis**

Wood based materials are a frequently used construction material in civil engineering. These materials should be used in structures where humidity conditions can change such as the details of flat roofs, thanks to technological progress, higher-quality adhesives and hydrophobizing preparations. However, biological degradation still occurs in the form of mould.

The first part of this bachelor's thesis deals about physical and mechanical properties of wood. The production, properties and application of wood based materials will be described in the next section with emphasis on plywood materials that are applied in flat roofs. The second part of the work is focused on the investigation of the moisture characteristics of plywood boards, which will be exposed to the effects of various simulated environments, which may arise during installation in the structure. Last but not least, the swelling of these boards is going to be verified.

### **Key words:**

Wood based materials, plywood, flat roofs, moisture, swelling

## Seznam zkratek

$\rho$  – hustota [ $\text{kg.m}^{-3}$ ]

w – vlhkost [%]

MNBS – mez nasycení buněčných stěn

MN – mez hygroskopicity

$d\sigma$  - napětí v tahu [MPa]

$d\varepsilon$  - poměrná deformace [MPa]

E – modul pružnosti [MPa]

$G_{LT}$  – smykový modul pružnosti ve směru tangenciálním [MPa]

$G_{LR}$  – smykový modul pružnosti ve směru radiálním [MPa]

$G_{RT}$  – smykový modul pružnosti ve směru radiálně tangenciálním [MPa]

$\mu$  – Poissonovo číslo

$\sigma$  – pevnost dřeva [MPa]

$\tau_{R,T}$  – mez pevnosti ve smyku [kN]

$\lambda$  – koeficient tepelné vodivosti lambda [ $\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$ ]

UF – močovinoformaldehydová lepidla

PF – fenolformaldehydová lepidla

MDI – izokyanátové lepidlo

$G_t$  – bobtnání [%]



# Obsah

Úvod .....	1
1. Dřevo .....	2
1.1 Základní rozdělení dřevin .....	2
1.2 Fyzikální vlastnosti dřeva .....	3
1.2.1 Objemová hmotnost dřeva .....	3
1.2.2 Vlhkost dřeva .....	5
1.3 Mechanické vlastnosti dřeva .....	9
1.3.1 Pružnost dřeva .....	9
1.3.2 Pevnost dřeva .....	10
1.4 Tepelné a akustické vlastnosti dřeva .....	13
2. Materiály na bázi dřeva .....	14
2.1 Hlavní výrobci desek na bázi dřeva v ČR .....	15
2.2 Vlastnosti materiálů na bázi dřeva .....	15
2.3 Překližované desky .....	18
2.3.1 Typy a materiálové řešení překližovaných desek .....	19
2.3.2 Výroba překližovaných desek .....	21
2.3.3 Vlastnosti překližovaných desek .....	26
2.4 OSB desky .....	28
2.4.1 Výroba OSB desek .....	29
2.4.2 Vlastnosti a použití OSB desek .....	30
2.5 Cementotřískové desky .....	31
2.5.1 Výroba CETRIS desek .....	31
2.5.2 Vlastnosti a použití CETRIS desek .....	32
3. Možnosti použití desek na bázi dřeva v konstrukcích .....	32
3.1 Použití desek na bázi dřeva v detailech plochých střech .....	32
3.2 Další aplikace překližovaných desek ve stavebních konstrukcích .....	34

3.3 Degradční procesy dřeva a desek na bázi dřeva ve stavbách .....	34
3.3.1 Abiotická degradace .....	35
3.3.2 Biotická degradace .....	36
4. Praktická část.....	41
4.1 Vliv úpravy řezaných hran na bobtnání překližovaných desek.....	41
4.1.1 Příprava zkušebních těles dle ČSN EN 317 .....	41
4.1.1 Postup zkoušky bobtnání dle ČSN EN 317.....	42
4.1.3 Vyhodnocení zkoušky dle ČSN EN 317 .....	44
4.2 Experimentální simulace skladby ploché střechy ve vybraných prostředích.....	47
4.2.1 Příprava zkušebních vzorků .....	48
4.2.2 Postup experimentální simulace v jednotlivých prostředích.....	52
4.2.3 Vyhodnocení experimentální části .....	54
5. Závěr.....	61
6. Zdroje .....	63
7. Seznam obrázků .....	65
8. Seznam tabulek .....	67
9. Přílohy .....	68

## Úvod

Předložená bakalářská práce se zabývá tématem materiálů na bázi dřeva, konkrétně překližovaných desek. Důležitou součástí řešení plochých střech je také řešení jejich detailů, jako jsou tuhé okraje střech a atiky. Materiály na bázi dřeva se mohou zdát jako velmi vhodný materiál pro toto využití, protože částečně eliminují nedostatky rostlého dřeva. Na základě zkušeností pracovníků společnosti DEK a.s. se prokázalo, že OSB desky opakovaně degradovaly, a že ne v každém případě je toto užití vhodné. Bylo prokázáno, že OSB desky vlivem vlhkosti poměrně značně plesniví a bobtnají, tímto ztrácí na kvalitě a životnosti. Děje se to především za předpokladu nesprávného zabudování do konstrukčních detailů, kde poté může zatékat nebo zde mohou kondenzovat vodní páry. Společnost DEK a.s. je příkloněna k variantě, nahradit OSB desky překližovanými deskami. Cílem této bakalářské práce je ověřit vhodnost použití.

V první části bakalářské práce, tedy v teoretické části, budou rozebrány hlavní fyzikální a mechanické vlastnosti dřeva. Další, a v této práci nejpodstatnější částí, budou představeny materiály na bázi dřeva, zejména překližované desky. Bude popsána jejich výroba, vlastnosti, použití v konstrukcích jiných, než jsou ploché střechy, a dále budou popsány způsoby degradace těchto desek, zejména abiotické a biotické degradace. Zmíněny budou taky ostatní materiály na bázi dřeva, jako jsou OSB desky a cementotřískové desky.

Druhá část práce se zabývá experimentálním zkoušením překližovaných desek. Tyto desky budou podrobeny působení různých prostředí, a také působení zabudované vstupní vlhkosti ze separační netkané geotextílie. Tato prostředí budou nasimulována pomocí klimatických komor. Hlavním cílem je ověření, zda budou vlivem vlhkosti vznikat plísňe. Toto experimentální zkoušení je prováděno ve spolupráci se společností DEK a. s., která se podílela na jeho vývoji. Jako další bude provedena zkouška bobtnání překližovaných desek s různě upravenými řeznými hranami.

## 1. Dřevo

Dřevo je přírodní materiál, který patří z hlediska využití k nejstarším a nejvíce používaným stavebním materiálům. Dřevo je vnitřní zdřevnatělá část kmene, větví a kořenů, která tvoří až 90 % objemu stromu. Můžeme jej charakterizovat jako biopolymer přírodního původu. [8]

Výhody dřeva jsou:

- velmi dobrá pevnost;
- malá objemová hmotnost;
- snadná opracovatelnost;
- dobré izolační vlastnosti – malá tepelná vodivost;
- ekologie – přirozeně obnovitelná surovina. [10]

Nevýhody dřeva jsou:

- materiál podléhá biologickým, živočišným škůdcům a atmosférickým vlivům;
- hořlavost;
- mění svůj tvar vlivem vlhkosti, vlhkost mění také i jiné vlastnosti – např. tepelnou vodivost;
- náročné na ošetřování a na údržbu. [10]

### 1.1 Základní rozdělení dřevin

Dřeviny se botanicky dělí na jehličnaté a listnaté s různým makroskopickým vzhledem (viz obr. 1). Obě tyto skupiny se mohou dále rozdělit na dřeviny měkké a tvrdé nebo dále podle původu dřeviny.

**Jehličnaté dřeviny** jsou dřeva lehká, měkká a lehce opracovatelná. Tyto dřeviny jsou vývojově starší a stavbou jednodušší než dřeviny listnaté. Rostou především v mírném podnebném pásmu. Používají se pro výrobu téměř všech druhů stavebního řeziva. Mezi měkké jehličnany řadíme smrk, borovici, jedli a modřín, naopak mezi tvrdé jehličnany tis a jalovec. [10]

**Listnaté dřeviny** mají složitější strukturu dřeva než dřeviny jehličnaté. V zimě tyto stromy přestávají růst, proto v podzimním období ztrácí své listy.

Tvrdé listnaté dřeviny zahrnují dub zimní i letní, dub cer, buk, jasan, javor, trnovník bílý – akát, habr, jilm, břízu a jeřáb. Patří zde i tvrdé ovocné dřeviny – švestka, třešeň, hrušeň, jabloň a ořešák. Mezi měkké listnaté dřeviny patří lípa, olše, osika, vrba, jírovec, topol. [10]



*Obrázek 1 – Makroskopický vzhled vybraných dřevin [10]*

Pro dřevo je charakteristické, že se jeho vlastnosti v jednotlivých směrech liší a jeho vnitřní struktura ovlivňuje výsledné materiálové vlastnosti, s čímž je třeba počítat při posuzování jeho vlastností.

## **1.2 Fyzikální vlastnosti dřeva**

### **1.2.1 Objemová hmotnost dřeva**

Objemová hmotnost závisí na druhu dřeva a na vlhkosti, s rostoucí vlhkostí roste objemová hmotnost materiálu. U dřevin v suchém stavu se objemová hmotnost pohybuje v rozmezí 400 – 800 kg.m<sup>-3</sup>.

Dřeviny dle objemové hmotnosti lze dělit na dřeviny velmi lehké, mírně těžké, středně těžké, těžké a velmi těžké (viz tab. 1).

*Tabulka 1- Rozdělení dřevin podle objemové hmotnosti v suchém stavu [13]*

Dřeviny	Objemová hmotnost sušiny	Příklady dřevin
Velmi lehké	do 400 kg.m <sup>-3</sup>	vejmutovka, topol
Lehké	400 – 500 kg.m <sup>-3</sup>	jedle, smrk, borovice
Mírně těžké	500 – 600 kg.m <sup>-3</sup>	vrba, modřín, mahagon
Středně těžké	600 – 700 kg.m <sup>-3</sup>	bříza, jasan, dub, buk
Těžké	700 – 1000 kg.m <sup>-3</sup>	akát, habr
Velmi těžké	nad 1000 kg.m <sup>-3</sup>	eben

Nejčastěji rozlišujeme tři různé objemové hmotnosti dřeva v závislosti na vlhkosti:

- objemová hmotnosti v suchém stavu, jedná se o zcela vysušené dřevo –  $w = 0 \%$ ;
- objemová hmotnost dřeva při vlhkosti  $w = 12 \%$ ;
- objemová hmotnost dřeva s přirozenou vlhkostí  $w > 0 \%$ .

Rozdělení dřevin podle objemové hmotnosti stanovené při 12% vlhkosti dřeva:

- dřeva s nízkou objemovou hmotností  $\rho_{12} < 540 \text{ kg.m}^{-3}$ : borovice, smrk, jedle, topol, lípa, olše, vrba, osika aj.;
- dřeva se střední objemovou hmotností  $\rho_{12} = 540 – 750 \text{ kg.m}^{-3}$ : modřín, buk, dub, jilmy, bříza, ovocné dřeviny;
- dřeva s vysokou objemovou hmotností  $\rho_{12} > 750 \text{ kg.m}^{-3}$ : habr, dřín, moruše, akát.[8]

Absolutně suchým stavem rozumíme 0% vlhkost dřeva a objemová hmotnost se vypočte ze vztahu (1):

$$\rho_0 = \frac{m_0}{V_0} [\text{kg.m}^{-3}] \quad (1)$$

kde:  $m_0$  – hmotnost zcela vysušeného vzorku dřeva [kg];

$V_0$  – objem zcela vysušeného vzorku dřeva [m<sup>3</sup>].

Objemová hmotnost dřeva s přirozenou vlhkostí je dána vztahem (2):

$$\rho_w = \frac{m_w}{V_w} [\text{kg.m}^{-3}] \quad (2)$$

kde:  $m_w$  = hmotnost vzorku dřeva při přirozené vlhkosti  $W$  [kg];

$V_w$  = objem vzorku dřeva při přirozené vlhkosti [ $m^3$ ].

Objemová hmotnost při vlhkosti 12 % je speciální případ. Tuto objemovou hmotnost udávají platné normy, protože je vlhkosti dosaženo, dlouhodobým vystavením vzorků dřeva v běžných podmínkách v temperované místnosti ( $T = 20\text{ }^\circ\text{C}$ ,  $\phi = 65\text{ }\%$ ). Výpočet je dán vzorcem (3):

$$\rho_{12} = \frac{m_{12}}{V_{12}} [\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}] \quad (3)$$

kde:  $m_{12}$  – hmotnost vzorku dřeva při vlhkosti 12 % [kg];

$V_{12}$  – objem vzorku dřeva při vlhkosti 12 % [ $m^3$ ].

### 1.2.2 Vlhkost dřeva

Na vlhkost dřeva má největší vliv struktura dřeva, teplota a také umístění dřevěného prvku. Vlhkost je i ve kmeni rozložena nerovnoměrně, mění se s výškou a po průměru kmene. Vlhkost se mění i v závislosti na ročním období. Maximum vlhkosti je dosahováno v zimních obdobích, naopak minimální během letních měsíců. [17]

Dřevo je hygroskopický materiál, což znamená, že přijímá nebo odevzdává vodu, jak ve skupenství kapalném, tak ve skupenství plynném. Obsah vody v materiálech významně ovlivňuje vlastnosti dřevěného materiálu. Mění-li se nám vlhkost dřeva, mění se také většina fyzikálních a mechanických vlastností. Vlhkost má také vliv na rozměrové vlastnosti, růstem vlhkosti dochází ke zvýšení rozměrů dřevěných prvků – bobtnání, naopak při snížení vlhkosti dochází k jeho smršťování.

Při zvýšené vlhkosti ve dřevě může docházet k napadení dřevokazným hmyzem nebo dřevokaznými houbami. Musí se dbát na to, aby dřevo nedosahovalo vlhkosti, při které by mohlo dojít k napadení těmito škůdci. Při vlhkosti dřeva nižší než 20 % se zastavují životní pochody všech známých dřevokazných hub, dále se nerozvíjí a nedochází k dalšímu napadení dřeva. V některých případech může vlhkost, působit na dřevo pozitivně. Například u dřeva trvale ponořeného do vody nedochází ke hnilobě, ale dřevo se stává velmi trvanlivé. [10, 17, 22]

Vlhkost dřeva se vyjadřuje podílem hmotnosti vody k hmotnosti dřeva v absolutně suchém stavu a udává se v procentech. Vlhkost má při zpracování dřeva velký význam. [5, 10]

Vodu, která je obsažena ve dřevě, rozdělujeme podle jejího uložení, do tří skupin:

- voda vázaná v chemických sloučeninách;

- voda vázaná v buněčných stěnách (hygroskopická);
- voda volná (kapilární).

Vlastnosti dřevin ovlivňuje vázaná voda a to především, ta vázaná v buněčných stěnách. Dřevo má schopnost měnit svou vlhkost podle vlhkosti okolního prostředí. Při každé změně relativní vlhkosti a teploty vzduchu se mění rovnovážná vlhkost dřeva. Důležitou hodnotou vlhkosti je tzv. mez nasycení buněčných stěn MNBS nebo mez hygroskopicity MH. V tomto případě jsou buněčné stěny nasyceny vodou, ale v buněčných dutinách už voda není. MNBS je tedy hranice mezi vodou vázanou a volnou. Rozdíl mezi MNBS a MH je v prostředí, kterému je dřevo vystaveno. U MNBS se jedná o vodu v kapalném skupenství, u MH je to voda ve skupenství plynném. [10]

Závislost MNBS nebo MH na hustotě dřeva lze vyjádřit pomocí vzorce (4):

$$MNBS = \left( \frac{1}{\rho_k} - \frac{1}{\rho_0} \right) \times \rho_{H_2O} \quad (4)$$

kde:  $\rho_k$  – konvenční hustota dřeva [ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ];

$\rho_0$  – hustota absolutně suchého dřeva [ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ];

$\rho_{H_2O}$  – hustota vody [ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ].

Při zpracování dřeva hraje vlhkost velkou roli. Tato vlhkost se nazývá technická vlhkost. Do technické vlhkosti se zahrnuje jak vlhkost výrobní, tak vlhkost provozní. Obecně platí, že se má výrobní vlhkost rovnat vlhkosti provozní, u některých druhů výrobků by měla být o 1 – 2 % nižší, předchází se tím deformacím, které by mohly vzniknout kolísáním teploty a vlhkostí prostředí.

Dle vlhkosti se dřevo rozděluje:

- dřevo mokré, dlouhou dobu uložené ( $w > 100\%$ );
- dřevo čerstvě skáceného stromu ( $w = 50 - 100 \%$ , ale vlhkost může být i přes 100 %);
- dřevo vysušené na vzduchu ( $w = 15 - 22 \%$ );
- dřevo vysušené na pokojovou teplotu ( $w = 8 - 15 \%$ );
- dřevo absolutně suché ( $w = 0 \%$ ). [8]



## **Metody měření vlhkosti dřeva**

Přímými (absolutními) metodami zjišťujeme skutečný obsah vody ve dřevě. Patří zde například gravimetrická metoda. Jedná se o nejpřesnější metodu pro určení vlhkosti dřeva, je také referenční metodou, při posuzování přesnosti ostatních metod. Tato metoda spočívá ve zjištění hmotnosti vlhkého vzorku  $m_1$  a absolutně suchého vzorku  $m_2$  po jeho vysušení při teplotě  $105 \pm 3$  °C.

Vzorec (5) pro výpočet vlhkosti gravimetrickou metodou je:

$$w = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \times 100 [\%] \quad (5)$$

kde:  $m_1$  – hmotnost vzorku dřeva ve stavu vlhkém [g];

$m_2$  – hmotnost vzorku dřeva po vysušení [g].

Nepřímé (relativní) metody zjišťují obsah vody nepřímo, a to měřením jiné veličiny, jejíž hodnota závisí na obsahu vody ve dřevě. Mezi tato měření patří metody elektrofyzikální (odporové, kapacitní, absorpční, mikrovlnné a impedanční), radiometrické, akustické a termofyzikální. [10, 17]

### **1.2.3 Rozměrové změny v důsledku změny vlhkosti dřeva**

#### **Bobtnání**

Bobtnáním nazýváme schopnost dřeva zvětšovat své lineární rozměry, plochu nebo objem tělesa. K tomuto zvětšování dochází při přijímání vázané vody v rozsahu vlhkosti od nuly po mez nasycení buněčných stěn. Pokud dřevo přijímá vodu nad mez nasycení buněčných stěn, mění se už pouze jeho hmotnost a bobtnání dále nepokračuje. Rychlost bobtnání není konstantní. Zpomaluje se přibližováním se k mezi nasycení buněčných stěn. Bobtnání se udává v procentech a vyjadřuje se podílem změny rozměru k původní hodnotě. Rozeznáváme dva druhy bobtnání, buď celkové bobtnání (od absolutně suchého stavu až po mez nasycení), nebo částečné bobtnání (jakýkoliv menší interval).

Dřevo může bobtnat ve směru podélném o 0,1 až 0,6 %, ve směru radiálním o 3 až 6 %, a také ve směru tangenciálním o 6 až 12 %. [10]

## Sesychání

Sesychání je proces, při kterém dochází ke zmenšení lineárních rozměrů, plochy nebo objemu tělesa ztrátou vázané vody. Jedná se o přesný opak bobtnání. Dřevo sesychá v každém směru jinak. V podélném směru u absolutně vysušeného dřeva o 0,05 až 0,7 %, v radiálním směru o 2,2 až 8,5 %, v tangenciálním směru o 3 až 16 % a u objemového sesychání o 5 až 12 %. Celkového objemu sesychání dosáhneme souhrnem lineárního sesychání v podélném, radiálním a tangenciálním směru. Celkové objemové sesychání je přímo úměrné konvenční hustotě dřeva. [10, 13]

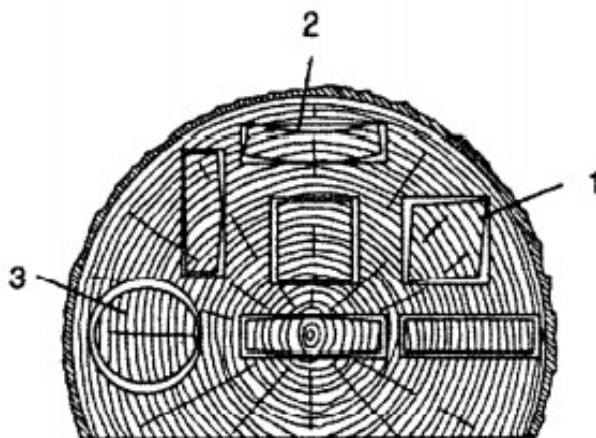
Dřeva můžeme dle hodnot sesychání dělit do skupin:

- dřeva málo sesychavá (tis, olše, akát, topol, kaštan);
- dřeva středně sesychavá (smrk, borovice, jedle, osika, dub, jasan, jilm, ořešák);
- dřeva hodně sesychavá (modřín, bříza, lípa, líska). [10]

## Borcení dřeva

Vlivem vlhkosti dochází ke tvarovým změnám a tvoří se také výsušné trhliny. Příčinou jsou zejména rozdíly mezi tangenciálním a radiálním sesycháním, dále také nerovnoměrné vysychání z důvodu pomalého pohybu vody ve dřevě při sušení.

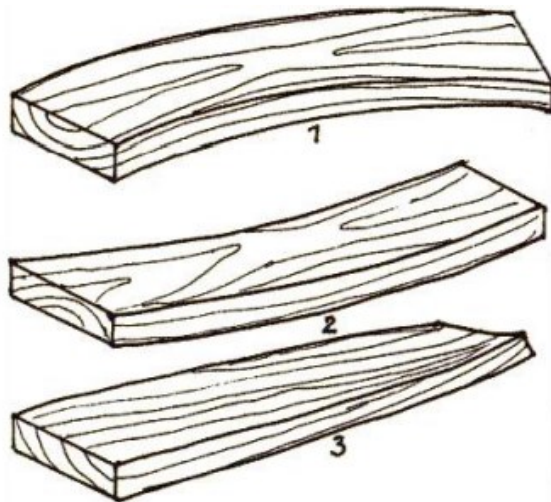
Tvarové změny vlivem sesychání, příčné borcení (viz obr. 2), je vyvoláno rozdílným radiálním a tangenciálním sesycháním sortimentu a je tím větší, čím větší je jeho vzdálenost od dřevě k obvodu kmene. [10]



Obrázek 2- Tvarové změny dřevěných prvků vlivem sesychání dřeva [11]

1 – kosočtverečná, 2 – konkávní, 3 – eliptická

Podélné borcení (viz obr. 3) vzniká nerovnoměrným podélným sesycháním dřeva, které způsobí prohnutí nebo stočení řeziva. [10]



*Obrázek 3 - Způsoby podélného borcení dřevěného prvku [10]*

*1 – boční prohnutí, 2 – plošné prohnutí, 3 – šroubovitě prohnutí*

### 1.3 Mechanické vlastnosti dřeva

Mechanické vlastnosti dřeva charakterizují schopnost dřeva odolávat účinku vnějších sil. Mechanické vlastnosti dělíme do tří skupin:

- základní – pružnost, pevnost, plastičnost, houževnatost;
- odvozené – tvrdost, odolnost proti tečení, odolnost proti trvalému zatížení, odolnost proti únavovému lomu;
- technologické – štípatelnost, opotřebovatelnost, impregnovatelnost, ohýbatelnost.

Pro dřevo je typický anizotropní charakter, který je dán uspořádáním a orientací molekul stavebních látek ve dřevě. [17]

#### 1.3.1 Pružnost dřeva

Pružnost dřeva je definována jako schopnost materiálu dosáhnout původního tvaru a rozměru i po uvolnění vnějších sil. Pružnost lze popsat parametry jako  $E$  (modul pružnosti),  $G$  (smykový modul) a  $\mu$  (Poissonovo číslo). Ve fyzikální podstatě je pružnost změna stavu materiálu, která nastává při působení mechanických sil, a která se projevuje deformací jeho objemu. Hodnoty mechanických charakteristik ve směru vláken a kolmo na vlákna se výrazně liší.

Modul pružnosti dřevin se může měnit vlivem vlhkosti ve dřevě, v tomto případě s rostoucí hodnotou klesá, dále s objemovou hmotností, kdy modul pružnosti s rostoucí hodnotou vlhkosti roste. Modul pružnosti měřený kolmo k vláknům je desetkrát až dvacetkrát nižší než modul pružnosti, naměřený rovnoběžný s vlákny.

Mechanické vlastnosti ovlivňují:

- konstrukční rozměry;
- hustota dřeva;
- vady dřeva (suky, trhliny);
- vlhkost dřeva;
- doba trvání zatížení;
- rychlost zatěžování.

### **Modul pružnosti**

Modul pružnosti v tahu a tlaku je dán podílem napětí a poměrné deformace dle vzorce (6).

$$E_i = \frac{d\sigma_i}{d\varepsilon_i} [\text{MPa}] \quad (6)$$

kde:  $d\sigma_i$  – napětí v tahu [MPa];

$d\varepsilon_i$  – poměrná deformace [MPa].

Pro dřevo, při průměrné absolutní vlhkosti 12 %, je průměrná hodnota modulu pružnosti v tahu a tlaku ve směru vláken v rozpětí 10 000 – 15 000 MPa. Při měření kolmo na vlákna je tato hodnota až 25x menší. [17]

### **Smykový modul pružnosti**

Pro naše dřeviny je modul pružnosti ve smyku v rozmezí mezi 100 – 2 000 MPa. Z Hookeova zákona vyplývá, že rozlišujeme tři smykové moduly pružnosti ve směru tangenciálním  $G_{LT}$ , radiálním  $G_{LR}$  a radiálně tangenciálním  $G_{RT}$ . Největších hodnot dosahuje v příčné rovině a nejmenší v rovině radiální. Poměr mezi rovinami  $G_{LR} : G_{LT} : G_{RT}$  je 7,5:5:1 až 10:9:1.

#### **1.3.2 Pevnost dřeva**

Pevnost dřeva je dána jako odpor (odolnost) dřeva proti jeho trvalému porušení. Pevnost se vyjádří jako napětí, při kterém se poruší soudržnost tělesa, jedná se o napětí na mezi pevnosti,

která se značí  $\sigma_p$ . Pevnost dřeva se zjišťuje pomocí zkoušek, kde sledujeme skutečné napětí v okamžiku, kdy dojde k porušení dřevěného tělesa. [10, 13, 17]

Dle druhu namáhání rozeznáváme pevnost dřeva:

- v tahu;
- v tlaku;
- ve smyku;
- v ohybu;
- v kroucení.

### **Pevnost dřeva v tlaku**

Pevnost v tlaku závisí na silách, které působí ve vztahu ke strukturním prvkům, zejména pak vláknům, proto rozlišujeme pevnost v tlaku ve směru vláken a pevnost v tlaku napříč vláken.

**Pevnost v tlaku ve směru vláken** je velmi důležitou charakteristikou dřeva. Tlak působící na těleso podél vláken, způsobí deformaci, která se projeví změnou délky tělesa. U suchého vzorku vzniká porušení ve formě smyku jedné části tělesa. Vlhký vzorek s nízkou hustotou a malou pevností je náchylný k porušení ve formě otlacení vláken na čelních plochách a dochází k vybočení stěn zkoušených těles. Mez úměrnosti v tlaku ve směru vláken je pro tvrdé listnaté dřeviny 56 %, pro měkké listnaté dřeviny 60 % a pro jehličnaté dřeviny 68 % meze pevnosti. Pevnost dřeva ve směru vláken se počítá pomocí vztahu (7) pro normálové napětí [3, 17]:

$$\sigma_p = \frac{F_{max}}{a \cdot b} [\text{MPa}] \quad (7)$$

kde:  $F_{max}$  – maximální síla [N];

a, b – příčné rozměry tělesa [mm].

**Pevnost v tlaku kolmo k vláknům** se liší od pevnosti v tlaku ve směru vláken tím, že není dřevo deformováno oddělováním jednotlivých částí, ale dochází k postupné deformaci, kde se postupně zhušťuje dřevní struktura v celém objemu. [4, 17]

Rozlišujeme tři druhy pevností v tlaku napříč vláken:

1. tlak na celou plochu;
2. tlak na část délky;

### 3. tlak na část délky a šířky.

#### **Pevnost dřeva v tahu**

Stejně jako u pevnosti v tlaku se pevnost v tahu dělí na pevnost v tahu ve směru vláken a na pevnost v tahu napříč vláken. Mez pevnosti v tahu se vypočítá pro všechny směry podle vzorce (8) pro normálové napětí:

$$\sigma_p = \frac{F_{max}}{a \cdot b} [\text{MPa}] \quad (8)$$

kde:  $F_{max}$  – maximální síla [N];

a, b – příčné rozměry tělesa [mm].

**Pevnost v tahu ve směru vláken** je v porovnání s ostatními pevnostmi největší. Průměrná hodnota pro naše dřeviny se udává 120 MPa. Když dojde k porušení při namáhání v tahu, tak se deformace projeví roztržením buněk v pracovní části tělesa. Velká pevnost je dána vláknitým tvarem buněk a strukturou buněčných stěn.

**Pevnost v tahu kolmo k vláknům** v porovnání s ostatními předchozími pevnostmi udává jednu z nejmenších pevností. Průměrná pevnost v tahu kolmo na vlákna je v rozmezí od 1,5 do 5 MPa, proto bychom se měli vyhnout, zatěžování dřevěných konstrukcí v tomto směru. Tahová napětí mohou vyvolávat procesy při rychlém sušení, jelikož vznikají vlhkostní a zbytková napětí, které vyvolávají právě tahová napětí napříč vlákny. Při překročení meze pevnosti se poruší struktura dřeva a vzniknou výsušné trhliny, které snižují kvalitu dřeva. [13, 17]

#### **Pevnost dřeva v tahu za ohybu**

Pevnost v tahu za ohybu je jedna z nejdůležitějších mechanických vlastností. Rozlišujeme dva druhy pevnosti v tahu za ohybu v závislosti na tom, zda vlákna probíhají rovnoběžně s podélnou osou tělesa nebo jsou k podélné ose tělesa kolmá. Pevnost v ohybu se určí na dřevěném nosníku, který je podepřen na obou stranách. V jeho středu působí síla F. Maximální napětí je dáno vzorcem (9) [3, 17]:

$$\sigma_{max} = \frac{3 \cdot F \cdot l_0}{2 \cdot b \cdot h^2} [\text{MPa}] \quad (9)$$

kde: F – působící síla [N];

$l_0$  – vzdálenost mezi podporami [m];

b – šířka nosníku [m];

h – výška [m].

### **Pevnost dřeva ve smyku**

Pevnost dřeva ve smyku představuje odpor proti vnější síle, která se snaží posunout jednu část materiálu oproti části jiné na jedné ploše, což nazýváme plocha smyku. Na této ploše dochází ke smykovým napětím. Samotný jednosměrný smyk se ve dřevě nevyskytuje, naopak dochází ke vzájemnému spolupůsobení jiných napětí.

Ve dřevě se rozlišují tři pevnosti ve smyku:

1. smyková pevnost ve směru vláken v radiální a tangenciální rovině;
2. smyková pevnost napříč vláken v radiální a tangenciální rovině;
3. smyková (stříhová) pevnost napříč vláken v příčné rovině v radiálním a tangenciálním směru. [17]

Mez pevnosti ve smyku se stanoví dle vzorce (10):

$$\tau_{R,T} = \frac{F_{max}}{b \cdot l} \text{ [kN]} \quad (10)$$

kde:  $F_{max}$  – maximální smykové zatížení [N];

b – šířka smykové plochy [mm];

l – délka smykové plochy [mm].

## **1.4 Tepelné a akustické vlastnosti dřeva**

Mezi tepelné vlastnosti patří především tepelná vodivost a teplotní délková roztažnost. Tepelná vodivost dřeva je velmi malá, protože má dřevo malou objemovou hmotnost, je pórovité, a tudíž je vhodným tepelně izolačním materiálem. Tepelná vodivost se zvětšuje s objemovou hmotností, vlhkostí a teplotou dřeva. Vyjádřením tepelné vodivosti je koeficient  $\lambda$  [ $\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ]. Ten vyjadřuje množství tepla, které projde jednotkovou plochou za jednotku času při jednotkovém gradientu teploty. Dřevo je dvakrát vodivější ve směru vláken než kolmo na vlákna. Součinitel tepelné vodivosti dřeva podél s vlákny při vlhkosti 12 % se pohybuje okolo  $0,25 - 0,45 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$  a kolmo na vlákna  $0,075 - 0,18 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ . [10, 11]

Teplotní roztažnost dřeva je též velmi malá. Teplotní změna rozměrů je díky této vlastnosti téměř nepatrná, je přibližně 10x menší než vlivem vlhkosti. U dřevěných konstrukcí

tak nemusíme počítat s účinky od teplotních změn a provádět dilatační spáry. Teplotní délková roztažnost je dána koeficientem  $\alpha$ . [11]

Mezi akustické vlastnosti dřeva uvádíme především zvukovou vodivost, pohltivost a průzvučnost, což jsou schopnosti materiálu vést, utlumit nebo zesílit zvuk. Zvukem nazýváme mechanické vlnění, které vnímáme jako sluchový vjem. Jeho příčinou je uspořádaný kmitavý pohyb molekul hmotného prostředí, který je přenášený pomocí působení sil, kterými molekuly na sebe vzájemně působí. Zvuk jako mechanické vlnění můžeme charakterizovat vlnovou délkou, amplitudou vlnění, frekvencí nebo rychlosti šíření zvuku. Přibližná zvuková vodivost pro naše dřeviny je  $4500 \text{ m.s}^{-1}$  v podélném směru vláken a  $1000 \text{ m.s}^{-1}$  napříč vlákny. Zvuková pohltivost dřeva dopadající energie je zhruba 50 %. Zvuková průzvučnost se vyjadřuje úbytkem intenzity zvuku při průchodu materiálem. U překližky tloušťky 12 mm je to 23 dB. [11, 17]

## 2. Materiály na bázi dřeva

V dnešní době, kdy technologický a technický rozvoj vzrůstá, se také zvyšuje množství konstrukčních materiálů na bázi dřeva. Materiály a jejich vlastnosti jsou specifitější a přizpůsobují se různým využitím. Společně s rozvojem materiálů na bázi dřeva vznikají také kvalitnější voděodolná lepidla a hydrofobizační přípravky. Tyto přípravky a lepidla se používají u materiálů, které jsou vystaveny vlhkému prostředí, kde se trvale mění podmínky, zejména ty vlhkostní. Díky tomuto vývoji lze používat materiály na bázi dřeva i tam, kde to dříve nebylo možné. [5]

Produkci desek na bázi dřeva lze rozdělit na:

- Masivní materiály představují materiály, které mají původní uspořádání buněk a strukturu dřeva (např. deskové řezivo, biodesky, spárovky).
- Překližované desky zahrnují materiály, které jsou tvořené vzájemným slepením lichého počtu dýh i jiných vrstev. Tyto dýhy se na sebe lepí pod úhlem  $90^\circ$  (např. lamely, překližované desky, laťovky).
- Vrstvené materiály jsou tvořeny podobně jako překližované materiály z jednotlivých vrstev, ovšem orientace jednotlivých elementů je stejná (např. vrstvené dřevo, parallam, intrallam).
- Aglomerované materiály jsou materiály, které se vyrábí spojováním malých dřevěných částic, jako jsou dřevěná vlákna a třísky, pomocí lepidla a za vytvoření tlaku. Mezi tyto



materiály se nezahrnují materiály překližované ani masivní (např. dřevotřískové a OSB desky, dřevovláknité desky).[5]

V následujícím textu pak budou představeny materiály na bázi dřeva, které nacházejí uplatnění v konstrukcích plochých střech, konkrétně překližky, OSB desky a cementotřískové desky.

## **2.1 Hlavní výrobci desek na bázi dřeva v ČR**

### **Překližované desky:**

PLOMA, HODONÍN – vyrábí truhlářské i stavební překližované desky, foliované překližované desky, překližované desky se sníženou hořlavostí, celobukové překližované desky určené pro namáhané nábytkové dílce, laťovky a ostatní dýhované materiály.

DYAS EU, UHERSKÝ OSTROH – vyrábí truhlářské i stavební překližované desky, celobukové vícevrstvé překližované desky, překližované desky se sníženou hořlavostí, interiérové překližované desky pojené lepidlem bez formaldehydu (PVAC), protihlukové a antivibrační překližované desky, tvarové výlisky.

ALFA PLYWOOD, SOLNICE – vyrábí vodovzdorné a truhlářské překližované desky, laťovky a kombinované desky (překližované desky opláštěvané tvrdou dřevovláknitou deskou). [5]

### **OSB desky:**

KRONOSPAN CR, JIHLAVA – vyrábí OSB desky lepené polyuretanovými lepícími směsmi bez obsahu formaldehydu a speciální povrchově upravené OSB desky se sníženými a přesně definovanými hodnotami difúzního odporu určené k plnění funkce parobrzdy v difúzně otevřených konstrukcích. [5]

### **Cementotřískové desky:**

CETRIS, HRANICE – vyrábí cementotřískové desky bez povrchové úpravy anebo s povrchovou úpravou, s hladkým povrchem nebo reliéfem, produkuje také akustické desky s vyvrtanými otvory. [5]

## **2.2 Vlastnosti materiálů na bázi dřeva**

Vlastnosti dřeva jsou oproti jiným materiálům zcela odlišné. Mají nízkou objemovou hmotnost a vysokou pevnost, což vytváří dřevu výborné předpoklady pro použití do konstrukcí. Problémy, které mohou u dřevěných materiálů nastat, jsou:

- hygroscopicita – představuje schopnost látek pohlcovat vlhkost, která může způsobit změnu rozměrů při změně vlhkosti;
- nehomogenita – různorodost struktury, ovlivňující vlastnosti a kvalitu;
- anizotropie – různorodost vlastností v jednotlivých směrech.

Částečnou eliminaci nevýhodných vlastností dřeva lze docílit tím, že zvolíme vhodné konstrukční řešení, například tzv. křížové lepení, což probíhá tak, že směry vláken jednotlivých vrstev jsou pokládány v na sebe kolmém směru. Nicméně i přesto mohou desky na bázi dřeva vykazovat určitou anizotropii. U materiálů na bázi dřeva lze tuto vlastnost regulovat, a to například vhodným zvolením velikosti a orientací dřevních částí. Jedná se o výhodu těchto materiálů, neboť můžeme jejich vlastnosti v jednotlivých směrech, přizpůsobit požadavkům pro konečnou aplikaci. [5, 9]

Výhody materiálů na bázi dřeva jsou:

- efektivní využití přírodních materiálů;
- snadnější přizpůsobení měnícím se požadavkům trhu;
- možnost výroby produktů v rozměrech, které jsou omezovány pouze použitou výrobní technologií;
- menší zátěž životního prostředí (z důvodu minimální spotřeby chemických látek, které jsou v materiálech obsaženy).

Na mechanické a fyzikální vlastnosti materiálů na bázi dřeva má vliv spousta výrobních faktorů. Mezi ty nejvýznamnější patří druh použité dřeviny, velikost, orientace, formování, geometrie a kvalita zvolených třísek, druh a vhodné množství použitého lepidla a přídavných látek a v neposlední řadě také lisovací faktory. Mezi lisovací faktory uvádíme zejména lisovací čas, teplotu a tlak při lisování, rychlost uzavírání lisu, chemické reakce při lepení třísek, vlhkost, plastifikace a formát výrobku. Tyto faktory určují vzájemnou interakci při lisování a také udávají rozložení hustoty v deskách (tzv. hustotní profil). [5]

V následujícím textu budou blíže popsány faktory ovlivňující mechanické a fyzikální vlastnosti materiálů na bázi dřeva.

Prvním a významným faktorem je druh dřeviny používaný k výrobě, protože vlastnosti dřeva ovlivňují přímo i vlastnosti výrobků z něj připravených. Pro výrobu masivních materiálů na bázi dřeva se používají téměř všechny druhy dřevin, zejména pak smrk, borovice, dub a buk. Smrk se využívá nejčastěji, a to nejen z ekonomických důvodů. Vzhledem k dobrému poměru

mezi hmotností a pevností se používá k výrobě nosníků, dále také pro výrobu spárovky, středových částí laťovek, středových vrstev překližek a také jako spodní protitahová vrstva u podlahových dílců. Chemické složení smrkového dřeva umožňuje jeho využití pro výrobu vláken a buničiny. Používá se také pro výrobu třísek.

Druhým faktorem je geometrie, velikost a orientace částic. Při zvětšování velikostí částic, roste variabilita hustotního profilu, naopak když dochází ke zmenšování částic, tak se zlepšuje jejich formování, a tím stoupá hustota materiálu. Taktéž u větších třísek vzrůstá podíl částí, které se překrývají, a tím je umožněn lepidlu větší přenos sil. U materiálů, kde se předpokládá aplikace povrchových úprav, je vhodné použití jemnějších třísek, protože vytváří hladký povrch. V těchto materiálech je také vyšší obsah jemných podílů, což snižuje možné stresové napětí. Toto napětí je pak sníženo díky vyplnění dutin jemnými částicemi. Co se týče mechanických vlastností, ty jsou několikanásobně vyšší ve směru podél vláken, a proto orientace vláken v matrici ovlivňuje pevnost v ohybu a modul pružnosti v ohybu. [5, 9]

V neposlední řadě je třeba zmínit lisovací parametry. Tento proces nejvíce ovlivňuje vlastnosti finálního produktu. Při lisování ve vyhřívaných etážových lisech se vzniklý koberec formuje mezi dvěma vyhřívanými kovovými deskami až do té doby, než se koberec zcela stlačí. Lisování má tři etapy, jako první je uzavírání lisu pro dosažení určité tloušťky desky, další etapou je stabilizované lisování a poslední etapou je čas otevírání lisu. [5]

Klíčové lisovací parametry jsou:

- uzavírací čas lisu – tento faktor nejvíce udává tvorbu příčného hustotního profilu desek na bázi dřeva, hustotní profil se vytváří v době mezi uzavíráním lisu a dosažením požadované tloušťky;
- lisovací čas – závisí na pronikání tepla do střední vrstvy desky, použití vyšší lisovací teploty, zkracuje lisovací čas, ale také snižuje mechanické vlastnosti;
- lisovací tlak – lisovací tlak se volí na základě toho, o jaký typ desky se jedná, udává se nejčastěji mezi 0,6 (pro měkké překližky) až 6 MPa (pro OSB desky);
- vlhkost částic – vlhkost ovlivňuje rychlost přenosu tepla při lisování – při nízké vlhkosti částic dochází k jejich nízké plastifikaci, tím pádem dochází ke snížení schopnosti formování. [5]

### 2.3 Překližované desky

Překližované desky jsou tvořeny tenkými vrstvami, které jsou vzájemně slepeny. Tyto vrstvy jsou velkoplošné listy dřeva tzv. dýhy, které jsou následně spojovány křížovým slepováním jednotlivých vrstev symetricky uspořádaných ke střední a středové ose. Desky překonávají nedostatky přírodního dřeva jako je materiálová anizotropie, nedostatečná rozměrová stabilita při změně vlhkosti nebo komplikace při vytváření velkých ploch. Překližované desky jsou méně náchylné k sesychání a botnání. Stále si však zachovávají vlastnosti přírodního dřeva jako je především mechanická pevnost a možnost obrábění. Překližované desky jsou typické tím, že mají velkoplošné rozměry, stejnosměrné mechanické vlastnosti a mají větší odolnost proti vnějším vlivům. [5, 9]

Použitím různých druhů dřevin, různého počtu vrstev a tloušťky jednotlivých dýh můžeme vytvořit překližované desky různých druhů s různými mechanickými a fyzikálními vlastnostmi, např. truhlářskou překližku (viz obr. 4) nebo vodovzdornou stavební překližku s protiskluzovou úpravou (viz obr. 5). Dále můžeme zvolit různé druhy lepidel a také povrchové úpravy. [5]



*Obrázek 4 - Truhlářská překližovaná deska [5]*



*Obrázek 5 - Vodovzdorná stavební překližka s protiskluzovou úpravou [5]*

### 2.3.1 Typy a materiálové řešení překližovaných desek

Překližované desky se vyrábí tak, že se slepují dýhové listy. Dřevní vlákna sousedních dýh svírají úhel 90°. Pro výrobu se využívají dřeviny jak jehličnaté, tak dřeviny listnatých stromů jako jsou např. smrk, borovice, jedle, buk, olše, bříza a topol. Cennější dřeviny se využívají pro výrobu krájených okrasných dýh. Překližované desky se vyrábí buď jako podélné, kdy je směr vláken povrchových dýh shodný s delší stranou desky, nebo příčné desky, kde jsou vlákna rovnoběžně s kratší stranou desky. Je nutno dodržovat pravidlo symetrie, které zahrnuje určité požadavky:

- Na každou stranu od centrální osy symetrie překližované desky musí být stejný počet vrstev dýh. Osa symetrie těchto dýh musí mít stejnou vzdálenost od centrální osy symetrie.
- Osa středové vrstvy musí být totožná s centrální osou symetrie.
- Vrstvy dýh, které jsou uloženy ve stejné vzdálenosti od centrální osy symetrie, musí být ze stejného druhu dřeviny a musí mít stejnou tloušťku.
- Symetricky uložené dýhy musí být vyrobeny stejným způsobem, Musí mít stejný průběh vláken a stejné fyzikální a mechanické vlastnosti. [5, 9]

Mezi nejvíce používaná lepidla ve výrobě překližovaných materiálů, patří lepidla fenolformaldehydová a močovinoformaldehydová.

**Močovinoformaldehydová lepidla (UF)** jsou nejrozšířenější lepidla na dřevo, jejichž hlavními složkami jsou močovina a formaldehyd. Močovina je bílá krystalická látka dobře rozpustná ve vodě, vyráběná syntézou CO<sub>2</sub> a NH<sub>3</sub> při zvýšené teplotě. Formaldehyd (metanal) je při normální teplotě bezbarvý plyn s ostrým zápachem, který se vyrábí dehydrogenací metanolu. Tyto lepidla se s výhodou využívají z důvodu velkého rozptylu teplot při jejich vytvrzování (10 až 150 °C) a poměrně krátké vytvrzovací doby. Nevýhodou je však uvolňování formaldehydu, jak při výrobě desek, tak při jejich skladování a následném užívání. [8]

**Fenolformaldehydová lepidla (PF)** se používají od roku 1935. Fenoplasty jsou polykondenzační látky připravené z fenolu a formaldehydu, což jsou hlavní suroviny pro jejich výrobu. Tato lepidla zajišťují kvalitní pevné spoje, odolné vůči horké vodě, pružné, odolné proti povětrnostním podmínkám, mikroorganismům a proti většině rozpouštědel. PF lepidla se dělí na dva druhy, a to na lepidla tvrditelná při normální teplotě (montážní) a lepidla tvrditelná za zvýšené teploty (135 až 160 °C). [8]

Mezi překližované desky patří také další typy materiálů, jako jsou například JIKO desky, elektropřekližky, překližované trubky, či laťovky.

**JIKO desky** představují materiál, který se vyrábí slepením dýhových listů. Dřevní vlákna těchto dýhových listů jsou na sebe kolmá, lepení je provedeno vrstvou pryže. Tato pryžová fólie má tloušťku 2,3 mm. Pro výrobu těchto deskových materiálů se používá loupaná dýha z jehličnanů, a to buď ze smrku, nebo jedle. Dýhy pro výrobu jsou běžných rozměrů a to 1,8 mm s vlhkostí přibližně 7 %. Skládání jednotlivých vrstev probíhá tak, že se pryžová fólie odvíjí v pásu do požadované délky a pryžové fólie se kladou na spodní dýhový list. Lisování probíhá v hydraulických lisech při teplotách 135 až 150 °C, lisovací tlak je 1 MPa, doba lisování je 12 minut. Lisovací postup je pak stejný jako při výrobě překližovaných desek, který bude zmíněn v další kapitole. Při dokončovacích pracích se ochlazené desky ořezávají a upravují stejně jako překližované desky. Oproti překližovaným deskám mají značnou plošnou hmotnost, což se jeví jako jistá nevýhoda těchto materiálů. [7, 9]

**Elektropřekližka** je další typ překližovaných materiálů. Výroba je koncipována tak, že se mezi jednotlivé dýhové listy zalisují elektrické odpory. Při lisování se využívá tlak 2,0 až 2,7 MPa. Materiál díky těmto zabudovaným elektrickým odporům, je schopen vydávat teplo až 80 °C. Při odpojení od elektrického proudu, deska pomalu vychladne. Čištění desek od nečistot je velmi snadné, dále zde nedochází ani k výrazným tepelným ztrátám. Nejčastější využití desek z elektropřekližky je výroba inkubátorů a ohřívacích pultů. [9]

**Překližované trubky** se dělí na trubky dopravní a na trubky konstrukční. Vyrábí se v průměrech do 50 mm, ale také v průměrech 70 až 400 mm v délkách 1 750 mm, což je délka dána pro všechny průměry. Výroba je započata loupáním bukových dýh. Pro průměr trubek do 50 mm se používá tloušťka dýh 0,5 až 1,2 mm, přičemž při stříhání dýh dochází k odklonu dřevních vláken o 1° od podélné osy. Jednotlivé dýhy jsou poskládány tak, že dřevní vlákna dvouvrstvé překližky svírají úhel 20°, dýhy jsou pak slepeny fenolickou fólií a následně dochází k lisování. Dalším krokem výroby je příprava na navíjení, materiál se přestřihne a je aplikován jednostranný nános fenolické pryskyřice, tento nános se nechá zaschnout. Dalším krokem je navíjení na ocelový otáčející se trn. Překližka se navíjí a napíná mezi třemi přítlačnými válci, přičemž jeden z těchto válců je vyhříván. Navinutá překližovaná deska je uložena do kovové formy a vytvrzení probíhá při teplotách 150 až 155 °C. Následuje stažení trubky a dokončovací práce, což je ořezání a opracování konců trubek, a také obroušení povrchu hotové trubky. [9]

Technologický postup výroby pro větší průměry trubek je téměř totožný, liší se jen v několika rozdílných aspektech. Tloušťka dýh je 0,5 až 0,8 mm, délka je dána šířkou pásu. Lepení dýh probíhá za pomoci fenolické pryskyřice nebo fenolické fólie do dvouvrstevných nebo třívrstevných překližek. Příprava pásu probíhá tak, že se podélné strany zbrousí pod úkosem 5°, slepení probíhá fenolickou pryskyřicí v horkém lisu pro tvorbu jednotlivých pásů, spoje se následně přebrousí. Plochy pásu jsou opatřeny jednostranným nátěrem pryskyřice s výjimkou plochy prvního závitu, ten zůstává bez nánosu. Navíjení probíhá mezi třemi vyhřívanými válci, výsledná navinutá překližovaná deska je stažena ocelovými lanky a následné vytvrzování probíhá v sušárně při teplotách 150 až 155 °C. Poslední úpravy jsou totožné s úpravami překližovaných trubek s menšími průměry. [7, 9]

**Laťovky** jsou materiál, který je tvořen oboustranným překlížením středů, a to buď jednou, nebo více vrstvami dýh. Středy těchto materiálů jsou tvořeny řezivem smrkovým, jedlovým nebo jsou tvořeny z dýh. Překližovací dýha bývá ze smrkového, topolového, osikového, březového nebo bukového dřeva. Důležitou roli zde hraje řádné vysušení laťovek pro výrobu středů, protože kdyby byly nedostatečně vysušené, může dojít k deformacím výrobku. Použití laťovek je především ve výrobě nábytku, ale také ve stavebnictví, tam se používají zejména vodovzdorné laťovky. Konstrukční řešení se dělí na laťovky třívrstvé, pětivrstvé a na laťovky zdvojené. Dále mohou být rozděleny podle směru vláken v povrchových vrstvách na laťovky podélné a příčné.

Prvním krokem výroby laťovek je výroba dýh, a to nejčastěji centrickým loupáním nebo bezvřetenovým loupáním s následným stříháním a sušením. Dalším krokem je zpracování přířezů, které jsou rozřezány na laťky, u nichž jsou vyřezány suky. Středy mohou být sestaveny bez lepení, nebo mohou být slepeny. Lepidlo se nanáší oboustranně na každou druhou desku v bloku. Následuje sestavení souboru z laťkových středů a dýh. Soubory se přemisťují do vyhřívaného lisu, kde se lisovací parametry volí na základě použitých materiálů a lepidel. Po lisování by se měli laťovky skládat do hrání, kvůli vyrovnání vlhkosti. Mezi dokončovací práce patří formátování na potřebný rozměr, dále opravy a broušení, třídění a značení a následné uskladnění. [5, 7]

### 2.3.2 Výroba překližovaných desek

**Loupání dýh** je základní příprava suroviny, která spočívá v dělení dřeva v rovině rovnoběžně s vlákny a kolmé na jejich délku. Před samotným loupáním je potřeba výřez odkornit a plastifikovat. Plastifikací se rozumí změkčování dřeva. Po plastifikaci je potřeba výřez zkrátit na budoucí požadované rozměry podélné i příčné vrstvy překližovaných materiálů.

Kvůli šířkovému sesychání vlhkých dýh, se musí přidat nadmíra materiálu, což bývá 7 až 100 mm. Dýha je loupána ve formě nekonečného pásu, délka tohoto pásu závisí na tloušťce použitého výřezu a na tloušťce dýhy. Odkorněný výřez se upíná do loupacího stroje, je upnut ve svém středu. Toto upnutí je umožněno pomocí roznášecí rozety, která je na jednom konci a pomocí upínacího trnu na konci druhém, který se otáčí. Během otáčení se vozík s nožem a tlakovnicí přibližuje ke středu. Loupací stroj obsahuje převodovku, díky které je zajištěno zrychlování otáčejícího se upnutého výřezu a také rovnoměrný přísun vozíku. Dalším způsobem loupání dýh je bezvřetenové loupání, což znamená, že výřez není upnut mezi vřeteny, ale mezi třemi válci. Délka válců je stejná jako délka výřezu. Alternativní metodou pro přípravu dýh větší tloušťky je řezání. [5, 8]

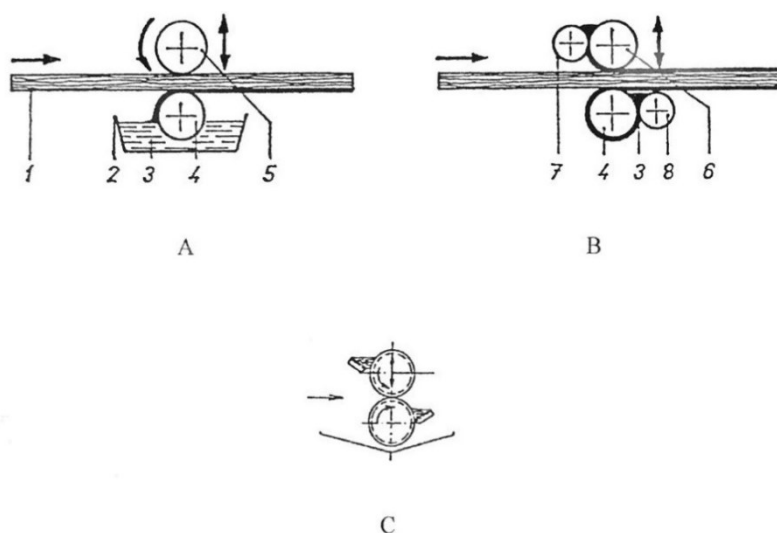
**Příprava lepicích směsí** je první etapa při výrobě překližovaných materiálů. Při lepení platí jedna důležitá zásada a to je, že použité lepidlo musí dokonale smáčet lepený povrch, proto musí být plochy dokonalé rovné a musí k sobě těsně přiléhat. Podmínky, které ovlivňují spolehlivost lepených spojů, jsou následující: vlastnosti lepeného materiálu, množství a stav naneseného lepidla, doba vkládání do lisu, lisovací teplota a tlak, doba lisování a doba klimatizování překližek. U vlastností lepených materiálů sledujeme především strukturu a pórovitost dřeva. Sice platí, že při nerovnosti povrchů dýh pevnost spoje vzrůstá, ale toto tvrzení platí jen do určité hranice, při jejím překročení pevnost klesá. Dalším sledovaným faktorem je čistota, vlhkost a teplota materiálu.

U lepidel sledujeme množství sušiny v lepicí směsi, viskozitu lepidla, teplotu lepidla a v neposlední řadě množství lepidla. Zde platí, že příliš málo i příliš mnoho naneseného lepidla může deskám uškodit. Množství se volí dle použitého druhu dřeviny. Dobou vkládání do lisu se rozumí doba mezi vložením prvního souboru překližovaného materiálu, a docílením lisovacího tlaku. Teplota při lisování je dána použitým lepidlem, což je detailněji rozebráno výše v textu. Lisovací tlak při lisování za studena je 0,7 až 1,4 MPa, tlak při lisování za tepla se liší s druhem použité dřeviny, pohybuje se v rozmezí od 1,0 až 2,0 MPa. Lisovací doba se odvíjí od doby potřebné k prohloubení polykondenzace lepidel až po chvíli, kdy dojde k začátku vytvrzování lepidla, a doby potřebné k vytvrzení lepidla. Doba klimatizování překližovaných materiálů se také liší dle použitého lepidla. Při použití PF lepidel se klimatizují materiály po dobu 24 hodin, poté jsou pokládány na sebe, naopak u použití UF dochází k chlazení, aby nedošlo k tepelné destrukci lepených spojů. Příprava lepicí směsi znamená úprava lepidla pro jeho aplikaci, který zahrnuje následující postup:



- Připraví se dané množství přesátého plniva, následně se do míchacího přístroje odlije odměřené množství lepidla. Otáčky míchačky jsou od 60 do 500 otáček za minutu.
- Dochází ke smísení obou položek, tak že se za stálého míchání přisypává plnivo, doba míchání pro dokonalé prolnutí složek je 10 až 12 minut. Následně se do směsi přidává voda s teplotou  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ . Úplné promíchání nastává za 15 až 18 minut.
- Dalším krokem je přidání tužidla, které se musí taktéž pořádně rozmíchat. Nasycený roztok je připravován ve skleněných nebo plastových nádobách.
- Zkontroluje se viskozita namíchaného lepidla, která se dá v případě potřeby upravit přidáním vody nebo plniva. [7, 8, 9]

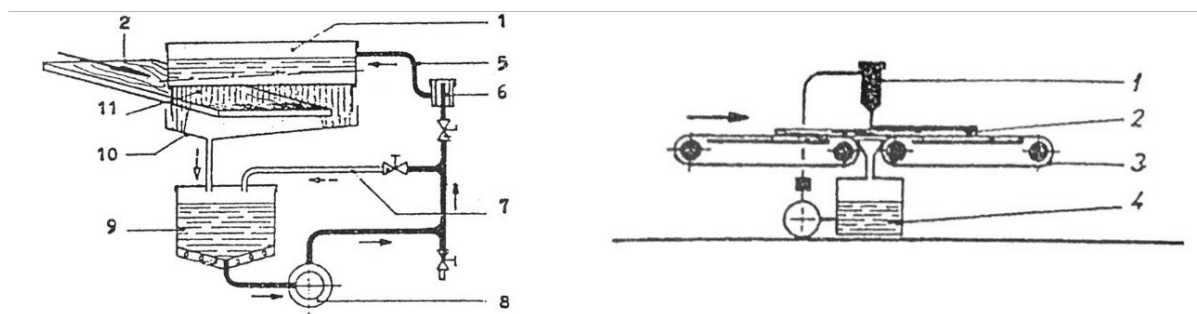
**Nanášení lepicích směsí** se provádí různými způsoby. Prvním typem je nanášení lepicí směsí válcovými nanašečkami. Jedná se o nejrozšířenější způsob nánosu lepidel. Nanášení je založeno na kontaktním přenosu lepicí směsi, pomocí dvou válců, mezi kterými prochází dýhy. Válcové nanašečky se liší ve způsobu regulace tloušťky nánosu lepidla (viz obr. 6).



Obrázek 6 - Regulace nánosu lepidla válcovými nanašečkami [9]

*A – nanašečka bez regulace, B – regulace dávkovacími válci, C – regulace stírací lištou; 1 – dýha, 2 – nádrž na lepidlo, 3 – lepidlo, 4 – spodní nanášecí válec, 5 – horní přitlačný válec, 6 – horní nanášecí válec, 7 – dávkovací válec*

Dalším typem je nanášení poléváním. Tato metoda spočívá v tom, že směs stéká v tenké vrstvě na povrchy dýh, přičemž tyto dýhy jsou postupně posouvány pomocí pracovních dopravníků (viz obr. 7). Výhody tohoto způsobu nanášení jsou přesné dávkování, vysoká posouvací rychlost, nezávislost na tloušťce desek, odpadá drážkování a broušení nanášecích dílců, vhodnost pro lepení profilovaných dílců.



Obrázek 7 - Polévací stroj [9]

*1 – polévací hlava, 2 – polévaný list, 3 – dopravník, 4 – nádrž na lepicí směs, 5 – potrubí, 6 – filtr, 7 – hadice, 8 – čerpadlo, 9 – lepicí směs, 10 – sběrný žlab, 11 – clona lepicí směsi*

Mezi další způsoby se řadí nanášení vytlačováním. Dochází zde k pneumatickému vytlačování lepidla cylindrickými tryskami. Výsledkem jsou úzké pásy lepidla na povrchu dýhy. Mezi poslední typ patří nanášení směsi rozprašováním. Rozprašování se provádí pomocí stlačeného vzduchu nebo mechanicky pod vysokým tlakem. Při tomto způsobu dochází k větším ztrátám kolem 25 – 40 %. [9]

**Skládání souborů** znamená složení jednotlivých listů překližky dle pravidel a konstrukce. Skládání se provádí buď ručně, nebo mechanicky. Ruční skládání se provádí tak, že se připraví lícová dýha, na kterou se položí dýha, která je opatřena vrstvou lepidla a následně se na ni opět položí lícová dýha. Tento způsob je vhodný pro výrobu třívrstvých překližovaných desek, ale není vyloučeno použití i pro vícevrstvé překližované desky. Mechanizované linky skládají soubory pomocí vakuového překladače, který pracuje na principu přísavek. Tyto přísavky vytváří podtlak, přichytí dýhu a přenesou na určené místo. Dalším překladačem je pásový překladač, zde jsou přísavky uloženy mezi perforovanými pásy. Přísavky dýhu zdvihnou a pásy přenesou dýhy na místo skládání souborů. Bezpečný přenos dýh zabezpečují podtlakové skříně. Dále se používá vozík s vyhazovacím transportérem, tímto zařízením se přenáší dýhy s naneseným lepidlem. Posledním překladačem je vidlicový překladač, který překládá dýhy překlopením. [9]

**Předlisování** překližovaných materiálů způsobí stlačení souborů téměř do výsledné tloušťky, ale nedojde k vytvrzení lepidla. Tento proces se provádí z důvodů lepší manipulace, zkrácení lisovacího času, snižuje se zmetkovitost a borcení překližek a také je lepší adheze lepidla. Aby bylo předlisování kvalitní a účinné, musíme dbát na určité faktory. Mezi první faktor patří kvalita dýh, tato kvalita je dána hladkým povrchem, který zajišťuje lepší dotek při předlisování a lisování bez vyššího nánosu lepidla. Druhým faktorem je vliv vlhkosti. Příliš nadměrná

vlhkost způsobuje rozlepování, měla by být v rozmezí od 4 do 10 %. Třetí faktor je kvalita lepidla a tloušťka jeho vrstvy. U UF lepidel je doporučeno 150 až 240 g/m<sup>2</sup> a u PF lepidel se používá 130 až 180 g/m<sup>2</sup>. Posledním faktorem jsou parametry při předlisování, konkrétně doba předlisování, což je doba od nanesení lepidla (pro UF lepidla 20 až 30 minut, pro PF lepidla 10 až 30 minut) a tlak, který je pro UF lepidla 1,18 až 1,37 MPa a pro PF lepidla 0,97 až 1,37 MPa. [8, 9]

**Lisování** překližovaných desek probíhá v lisech, které mohou být různých druhů, jedním z nich je víceetážový hydraulický lis, dále to mohou být jednoetážové hydraulické lisy nebo hydraulické lisy s vysokofrekvenčním ohřevem. Lisování překližovaných desek ovlivňují tyto čtyři parametry. Prvním parametrem je doba vkládání do lisu. Tato doba musí být řádně dodržena, aby nedocházelo k předčasné kondenzaci lepidla, které se nachází nejbližší horké lisovací desce. Je to doba kdy se do lisu vkládá první soubor až po dobu, kdy dochází k vyvození lisovacího tlaku. Druhým faktorem je lisovací čas. Je to doba, kdy je materiál uzavřen v lisu za působení tlaku a teploty. Během této doby musí dojít k fyzikálně-chemickým přeměnám, které zajistí požadovanou jakost. Lisovací čas se odvíjí od druhu použitých dřevin, počtu vrstev a tloušťky souboru, teploty lisovacích desek, lisovacího tlaku a velikosti vrstvy lepicí směsi. Třetím faktorem je lisovací teplota, která se udržuje na požadované hodnotě automaticky. Čtvrtým faktorem je lisovací tlak, který se měří manometrem, tlak je odvozen z tlaku a velikosti překližované desky. [9]

**Úpravou odolnosti** desek se rozumí zlepšení odolnosti materiálů vůči působení plísni, dřevokazného hmyzu a odolnosti proti ohni. Abychom předešli těmto degradacím je možné provést impregnaci dýh, přidat ochranné látky do lepicích směsí nebo můžeme nanést tyto ochranné prostředky na plochy překližovaných materiálů. Odolnost vůči ohni lze zajistit úpravou konstrukčního materiálu, například aplikací vodních roztoků anorganických solí na povrchovou dýhu, úpravou lepidlových směsí nebo povrchových fólií. Lepidlové směsi lze upravit snadno, a to přidáním vodních roztoků retardéru hoření místo vody. [9]

**Dokončovací úpravy** jsou finálním procesem při výrobě překližovaných materiálů. Dokončovací práce se dělí na formátování, opravu vad, broušení a třídění a skladování. Při formátování jsou překližované desky ořezány na požadovaný rozměr. Aby byl zajištěn hladký řez a nedocházelo k poničení vláken, jsou pily opatřeny předřezávacím nožem nebo kotoučem. Při výrobě překližovaných desek mohou vznikat různé výrobní vady (např. odlepené

rohy, trhliny, oblé hrany, vytrhaná vlákna, suky atd.). K těmto vadám může docházet při lisování, formátování nebo vadami ve dřevinách. Korekční opravy poté zahrnují:

- tmelení – tímto způsobem se opravují malé vady, jako jsou suky a otvory po nich, tmel se vyrábí z celulóidu, acetonu a dřevního prachu;
- oprava záplatami – opravy větších vad např. trhlín probíhají tak, že se místo vyfrézuje a do vzniklého otvoru se vlepi záplata ze zdravého dřeva;
- oprava plastickými hmotami probíhá tak, že vadná místa jsou vyfrézována, povrch překližované desky se zahřeje keramickými předehřívači, v dalším kroku se vyplní otvor polyuretanovou pěnou a následné vytvrzení probíhá ohříváním, posledním krokem je přebroušení. [9]

Broušení překližek se provádí na válcových bruskách nebo na širokopásových bruskách. Tento krok provádíme, aby výsledné překližované desky neměly na povrchu nerovnosti, a aby byly odstraněny výrobní vady, jako jsou např. nečistoty, drsnost, nadbytečný tmel atd. Překližované desky se skladují v hraních do výšky 1,8 až 2,0 m a při skladování nesmí dojít ke změně vlhkosti. Desky jsou ukládány vodorovně, nesmí být ve svislé poloze, stavět se na hranu nebo opírat se. Jedna hrana je určena pro překližované desky stejného typu, tzn. stejná tloušťka a stejný rozměr. [9]

### 2.3.3 Vlastnosti překližovaných desek

Hlavní předností překližovaných desek je odstranění anizotropních vlastností rostlého dřeva, z této vlastnosti poté vyplývají dobré pevnostní vlastnosti ve všech směrech. Nepříznivým faktorem, který ovlivňuje výrobu překližovaných desek je požadavek na kvalitní vstupní surovinu. Výroba je také pracná, z čehož také plyne vyšší cena výrobku. Použitím vhodného lepidla či povrchovou úpravou např. nalaminováním je možné zlepšit pevnost lepených spojů, čímž se však zvětšuje uplatnitelnost materiálu, častá je pak aplikace překližek jako bednicího materiálu při betonáži. Kvalitu překližovaných desek můžeme taktéž definovat obsahem uvolněného formaldehydu, kde se hodnoty pohybují okolo 0,12 mg/m<sup>3</sup>. [5]

**Hustota** překližek je asi o 10 – 15 % vyšší než u masivního dřeva, jelikož se jedná o dřevo stlačené lisováním, a také obsahuje lepidlo ve spárách. Hustota má vliv na většinu mechanických vlastností překližek, ovšem ovlivňuje ji řada faktorů:

- tloušťka překližované desky – tenká překližka se stlačuje více než překližka s větší tloušťkou;

- vlhkost dýhy – čím vyšší je vlhkost dýhy, tím více lze stlačit překližku;
- tloušťka dýhy – čím je tenčí dýha pro výrobu překližky, tím je vyšší výsledná hustota;
- množství lepidla – čím více vrstev překližka obsahuje, tím je v materiálu vyšší podíl lepidla (hustota lepidla je vyšší než u dřeva) a vyšší hustota;
- teplota a tlak při lisování – čím vyšší je tlak i teplota při lisování, tím je vyšší hustota překližky, tlak nad 10 MPa již hustotu překližky nezvyšuje. [9]

**Vlhkost překližek** je nutné sledovat pro zajištění potřebné jakosti výrobku. Stejně jako u rostlého dřeva lze vlhkosti orientačně stanovit např. elektrickými metodami s různou přesností. Nejpresnější hodnotu vlhkosti zjistíme gravimetrickou metodou, kde je podstatou vysušení vzorku a zjištění váhového úbytku daného vzorku. Při 20 °C a relativní vlhkosti vzduchu 65 % se vlhkost překližovaných desek pohybuje okolo 7 – 13 %. [9]

**Nasákavost a navlhavost** je závislá na působení vody. Nasákavost určujeme při přímém působení vody na překližovanou desku, navlhavost pak při působení vzdušné vlhkosti. Obě tyto veličiny určujeme gravimetricky stejně jako vlhkost. Překližované desky jsou méně navlhavé než rostlé dřevo, a to díky vyšší hustotě a obsahu lepidla. Čím vyšší je však teplota při lisování, tím vyšší je nasákavost i navlhavost. Vliv teploty je vysoký do teploty 147 °C, poté už je zanedbatelný. Nasákavost je ovlivněna i časem lisování. [9]

**Sesychání a bobtnání** se projevují změnami rozměrů či tvaru desek. Při sesychání dochází ke zmenšování rozměrů, naopak při bobtnání k zvětšování rozměrů. Dýhy před slepením mění svůj objem stejně jako rostlé dřevo, po slepení se pak mění způsob sesychání i bobtnání. Pokud se začne zvyšovat vlhkost, budou se jen nepatrně měnit rozměry desek, a to zejména v podélném směru. Pokud je v desce vlhkost rozložena nerovnoměrně může však dojít ke kroucení a borcení celých formátů desek. [9]

**Tepelná vodivost** je závislá na množství lepidla použitého při výrobě. Měrné teplo je závislé na počtu vrstev překližované desky. Čím je vyšší obsah lepidla, tím více se liší měrné teplo překližované desky od rostlého dřeva. Koeficient tepelné vodivosti stoupá s množstvím lepidla a slisováním. Zároveň je tento koeficient asi dvakrát vyšší podél vláken než napříč, a je závislý na počtu vrstev překližované desky k její tloušťce. [9]

**Zvuková pohltivost** je u překližovaných desek způsobena tím, že zvuk donutí překližku kmitat, čímž se část zvuku odrazí. Tím, že materiál kmitá, spotřebovává energii, a tím je pohlcován

zvuk. Tenká překližovaná deska rezonuje lépe než deska tlustá. Akustické vlastnosti překližek jsou dobré. [9]

**Mechanické charakteristiky** představují zejména pevnosti v tlaku, tahu, ohybu, smyku, či pevnosti lepených spojů, odolnost proti protlačení nebo odpor proti protažení hlavičky hřebíku. Tyto charakteristiky jsou závislé zejména na druhu dřeviny. Pokud je překližovaná deska vyrobena z tvrdého dřeva např. buku, jsou zaznamenány nejvyšší mechanické charakteristiky. Dále jsou mechanické charakteristiky závislé na hustotě – čím vyšší hustota, tím lepší mechanické vlastnosti a nižší vlhkostní příjmy – se zvyšující se vlhkostí klesá pevnost stěn dřeva i lepeného spoje. Důležitým faktorem je také konstrukce překližky samotné – čím je počet vrstev větší, tím je pevnost v tlaku podél i kolmo na vlákna vyrovnanější. Pevnost také závisí na tloušťce dýhy použité k výrobě překližované desky – čím je dýha tenčí, tím je překližka pevnější. Tenké překližky s malým počtem vrstev mohou být také ovlivněny vadami dřeva. [9]

## 2.4 OSB desky

Materiál OSB je tvořen slisovanými velkoplošnými třískami, které jsou uspořádány obvykle do tří vrstev. Tyto vrstvy jsou vzájemně orientovány do pravého úhlu, a za zvýšeného tlaku a teploty jsou slepeny voděodolným lepidlem. Jelikož střední vrstva třísek svírá pravý úhel s třískami ve vrstvách na povrchu, je omezena anizotropie i vlhkostní objemové změny materiálu tak, jako je tomu u křížového lepení dýh či překližek. OSB desky nicméně nemají ve všech směrech stejné fyzikální a mechanické vlastnosti, příčinou je matrice z dlouhých a tenkých třísek a jejich orientace. Pevnost a tuhost v podélném směru zvyšuje orientace třísek, ta však zvyšuje rozdíl mezi vlastnostmi v obou hlavních směrech. Třísky v povrchových vrstvách jsou orientovány ve směru výroby, střední vrstva třísek pak ve směru kolmém ke směru výroby. Pevnost desek v podélném směru je přibližně dvakrát vyšší než v příčném směru. Ještě výraznější rozdíly můžeme pozorovat u modulu pružnosti OSB desek, který je ve směru výroby přibližně  $2,5\times$  vyšší než ve směru kolmém ke směru výroby. Při použití OSB desek je nutné zohlednit směr orientace třísek (viz obr. 8) a využít příznivějších vlastností pevnějšího směru desek tak, aby bylo zajištěno přenesení potřebného zatížení na desku. [5]



*Obrázek 8 - OSB deska [20]*

V Severní Americe zažily OSB desky největší rozmach v 80. letech 20. století. V Evropě byla první továrna postavena v roce 1979 v Bavenu (Německo). Do České republiky se výroba dostala v roce 2006. Dřevo používané pro výrobu desek v Severní Americe a Evropě se liší. Zatímco v Americe se používají rychle rostoucí dřeviny (např. topol, bříza či borovice vejmutovka), tak v Evropě se používají zejména jehličnany (např. borovice či smrk). Obecně lze uvést, že dřevo do OSB desek je vhodné tehdy, pokud má objemovou hmotnost mezi 350 – 700 kg/m<sup>3</sup>. Průměr kulatiny pro výrobu bývá okolo 80 – 100 mm, zatímco pro výrobu překližek je dán minimální průměr 250 mm. V současné době je výroba velmi rozšířena, jelikož se zužitkuje i méně kvalitní materiál (dřevo), který se transformuje do výrobku s vysokou kvalitou, což jeden z největších přínosů a výhod OSB desek.

#### **2.4.1 Výroba OSB desek**

Výroba je směřována do několika etap. Dřevo je nejprve ošetřeno tlakovým vodním postřikem, poté probíhá odkornění a dočištění kulatiny. Kulatina se následně přemístí do roztřískovače, kde jsou tangenciálními řezy získávány třísky orientované v rovnoběžném směru s vlákny. Vzniklé třísky se následně třídí, suší a umisťují do zásobníku. Velikost třísek bývá 0,4 až 0,8 × 6 až 25 × 75 až 130 mm. V povrchových vrstvách desek se nachází nejdelší třísky, ve střední vrstvě poté kratší třísky. Podíl třísek pod 6 mm (jemná frakce) bývá z desek odseparován a používá se v přidružené výrobě. Podíl této frakce bývá v deskách mezi 3 – 10 %, je tedy možné použít menší množství lepidla, než je tomu u jiných aglomerovaných materiálů na bázi dřeva.

V bubnových nanášečích se aplikuje postřikem lepidlo na třísky pomocí rotujících disků. Nejčastěji bývá použito fenol-formaldehydové či melamin-formaldehydové lepidlo pro povrchové vrstvy desek, pro středové části se pak používá izokyanátové lepidlo (MDI). V některých výrobnách bývá použito pouze MDI lepidlo, jelikož použití pouze tohoto typu lepidla zmenšuje dobu potřebnou pro lisování desek, čímž snižuje množství nákladů na výrobu. Tato lepidla jsou také rezistentní vůči vlhkosti. Přídržnost k oceli je velkou nevýhodou těchto lepidel, při výrobě je tedy nutné použít chemické separátory. Čím vyšší je obsah lepidla, tím jsou lepší mechanické vlastnosti desky, ale zvyšuje se tím také cena, jelikož lepidlo je nejdražší položkou. Lepidla používaná při výrobě neuvolňují (nebo téměř vůbec) emise formaldehydu.

Při aplikaci lepidla se taktéž nanášejí hydrofobizační látky na bázi parafínu, které snižují vliv bobtnání a zvyšují odolnost vůči vlhkosti. Poté se třísky vrství a lisují. Zpravidla se používají minimálně dvě vrstvicí zařízení, a to pro vnější vrstvy a střední vrstvu. V poslední fázi jsou desky řezány na požadované rozměry a je kontrolována tolerance rozměrů, pak jsou přesunuty do klimatizační komory, skládají se do hrání a čekají na expedici. [5]

#### **2.4.2 Vlastnosti a použití OSB desek**

Jak mechanické, tak fyzikální vlastnosti desek jsou ovlivněny téměř každým krokem výrobního procesu. Hlavními faktory ovlivňující výsledné charakteristiky jsou druh použitého dřeva, orientace třísek a jejich velikost, druh a množství použitého lepidla, obsah vody ve dřevě, a také lisovací parametry. Důležitý je i poměr třísek ve středové vrstvě k poměru třísek na vnějších vrstvách, stupeň stlačení či adhezní síly pojiva. Pro každý způsob aplikace je nutno zohlednit kompromis mezi mechanickými a fyzikálními vlastnostmi. Nejvyšším stlačením např. dosáhneme vyšší pevnosti, bude se však zvyšovat i vlhkostní roztažnost. Velkou výhodou OSB desek je fakt, že při výrobě je lze modifikovat v závislosti na požadavcích kladených na výslednou desku. [5]

OSB desky jsou využívány zejména ve stavebnictví jako postupná náhrada překližek. Při porovnání vlastností OSB a překližek dospějeme k faktu, že OSB desky při tloušťkovém bobtnání vlivem nepříznivých podmínek ztrácejí na pevnosti až o 30 % více než překližky. Tato nevýhoda se však částečně kompenzuje na ceně, která je přibližně o 25 % nižší než u překližek. Nižší cena je způsobena nižšími nároky na vstupní surovinu a také vyšší produktivitou výroby. Nejčastější použití OSB desek ve stavebnictví je na konstrukce stěn, podlah a střech, a to v dřevostavbách. Vyrobit z nich lze i tzv. I nosníky, či sendvičové panely. Dalším využitím může být výroba palet, obalových materiálů, výrobu dočasných oplocení



stavenišť či obložení. Desky se mohou vyrábět s perem a drážkou po všech stranách, případně mohou být opatřeny fólií. Pro betonářské bednění je používána hladká fólie, protiskluzová fólie se pak použije na ložné plochy nákladních aut. [5]

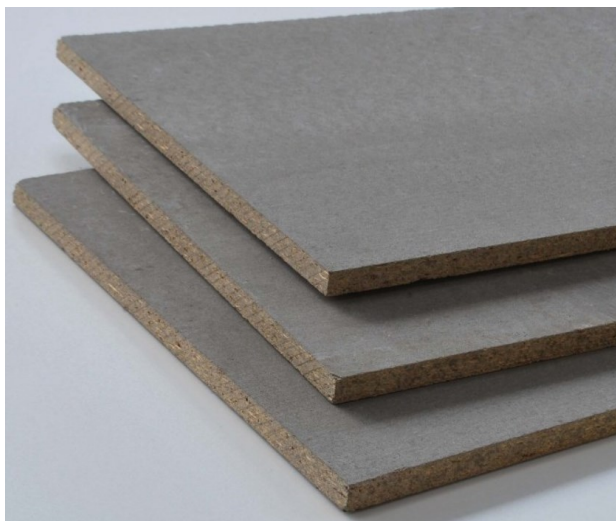
## **2.5 Cementotřískové desky**

Tento typ desek patří k nejčastěji vyráběným a používaným druhům. Pod obchodním názvem CETRIS jej vyrábí firma Cidem Hranice, a. s., která je dnes největším výrobcem v Evropě. Cementotřískové desky patří k nejstarším typům aglomerovaných desek. Třísky ze dřeva slouží jako jakási vyztužující síť v pevné minerální složce, pojivem bývá nejčastěji cement, ten také zvyšuje hmotnost výsledné desky a ztěžuje její obrábění.

### **2.5.1 Výroba CETRIS desek**

Velikost třísek se používá v rozmezí od 0,2 do 25 mm. Pro povrchové vrstvy se jemná frakce třísek vždy domele v kladivových mlýnech, pro střední vrstvu pak využijí hrubší třísky. Poměr mísení bývá 63 % třísek, 25 % cementu, cca 10 % vody dle vlhkosti dřeva a 2 % mineralizujících přísad. Během výroby je potřeba vzít v potaz i vyluhování organických látek ze dřeva, které mohou ovlivňovat tuhnutí a tvrdnutí pojiva.

Tak jak je tomu i u dřevotřískových desek se ve vrstvicím zařízení formují jednotlivé desky, které se řezou na formáty, které požadujeme. Takto naformátované desky se ve formách přesouvají na sebe, a za studena jsou lisovány stálým tlakem a přesouvají se na 8 hodin do vytvrzovacího tunelu. Takto částečně vytvrzené desky se na 3 týdny umístí do klimatizovaných prostor, kde zrají až do dosažení přibližně 9% vlhkosti. Desky se následně mohou brousit či povrchově upravovat (viz obr. 9). [5]



*Obrázek 9 - Cetrís desky [14]*

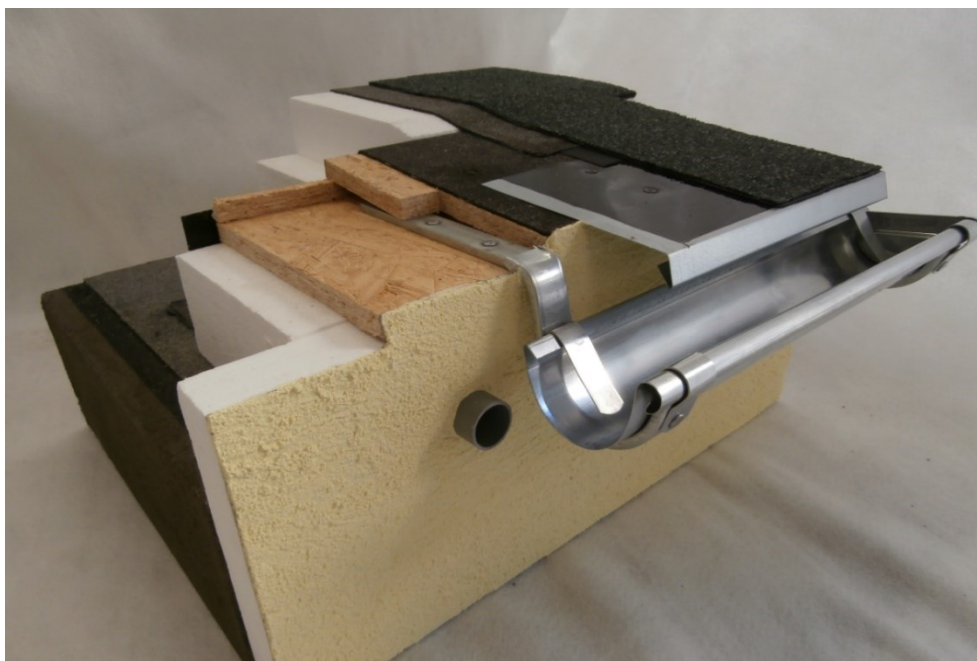
## **2.5.2 Vlastnosti a použití CETRIS desek**

Objemová hmotnost desek se pohybuje okolo 1300 kg/m<sup>3</sup>. Desky jsou homogenní, tvrdé, odolné vlhkosti a plísním, dřevokazným houbám, dřevokaznému hmyzu, a také jsou nehořlavé. Desky jsou taktéž mrazuvzdorné a mají výborné zvukově-izolační vlastnosti, bývají použity jako protihlukové stěny. Odolávají také působení benzínu či oleji a neobsahují azbest ani formaldehyd. Cementotřískové desky se používají v konstrukcích podlah, podhledů, odvětrávaných fasád, protipožárních zábran či mohou sloužit jako ztracené bednění. V neposlední řadě se také používají v konstrukcích plochých i šikmých střech. CETRIS může být taktéž jako OSB desky vyráběn v systému frézovaného pera a drážky. [5]

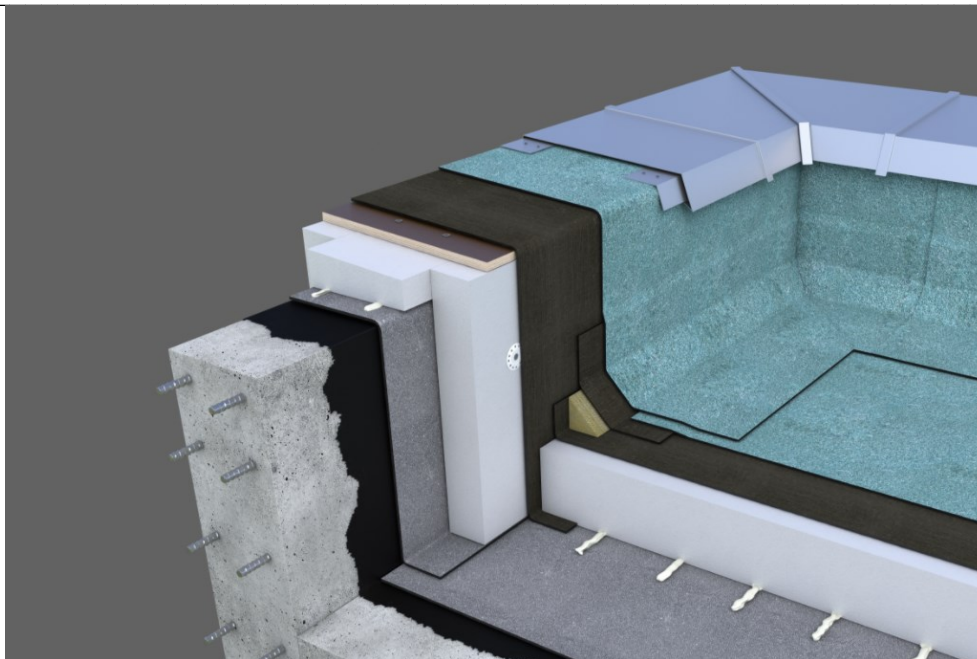
## **3. Možnosti použití desek na bázi dřeva v konstrukcích**

### **3.1 Použití desek na bázi dřeva v detailech plochých střech**

Jedny z nejpoužívanějších materiálů pro tvorbu konstrukčních detailů plochých střech jsou materiály na bázi dřeva. Tyto materiály se vyznačují pro tyto účely relativně dobrými pevnostními charakteristikami, jsou snadno dostupné a lze je snadno a lehce upravovat dle potřeby pomocí běžně dostupné mechanizace. V našich podmínkách patří mezi nejpoužívanější materiály pro tvorbu konstrukčních detailů plochých střech OSB desky (viz obr. 10) a překližované desky (viz obr. 11).



*Obrázek 10 - Detail tuhého okraje střechy - OSB deska [6]*



*Obrázek 11 - Detail rohu atiky - překližovaná deska [6]*

V poslední době se ukazuje, že použití OSB desek do konstrukčních detailů plochých střech se nejvíce jeví jako vhodné, neboť dochází k jejich časté degradaci. Do těchto konstrukčních desek jsou kotveny například klempířské prvky. Vlivem degradace dřevní hmoty dochází ke snížení pevnostních charakteristik použité OSB desky, čímž dochází například ke snížení odolnosti vůči vytažení kotevních prvků v axiálním směru. Toto může mít za následek uvolňování přikotvených klempířských prvků. Pomocí klempířských prvků jsou zpravidla ukončovány povlakové hydroizolace. Při destrukci detailu tak dojde k uvolnění klempířských prvků spolu s povlakovou hydroizolací a může tak docházet ke vnikání vody do konstrukčního detailu. Nemusí ovšem dojít pouze k destrukci detailu. Vlivem uvolnění kotevních prvků může také docházet k nadměrnému namáhání povlakové hydroizolace a tvorbě trhlin v ní, což může mít opět za následek vnikání vody do konstrukce. Uvolnění klempířských prvků tedy může vést až k havarijnímu stavu střechy. Degradaci dřevní hmoty také zpravidla doprovází růst plísní a dřevokazných hub, čímž je porušen jeden ze sedmi základních požadavků na výstavbu, konkrétně hygienická nezávadnost stavby.

Na základě zkušeností získaných z dlouhodobého pozorování realizací těchto detailů bylo přistoupeno k širšímu použití překližovaných desek. Z prvotních zkušeností se zdá, že překližované desky nejsou tolik náchylné na degradaci, které mohou vzniknout při nesprávném zabudování desek do konstrukčních detailů. Ověření těchto vlastností překližovaných desek bude popsáno v praktické části této bakalářské práce.

### **3.2 Další aplikace překližovaných desek ve stavebních konstrukcích**

Překližované desky mají také další využití ve stavebnictví. Vodovzdorné překližované desky se používají především pro betonářské bednění. Pro tento typ bednění se používají překližované desky celobukové s povrchovou úpravou, přičemž tato úprava je provedena tvrzenou fenolickou pryskyřicí nebo fenolickou povrchovou fólií. Další aplikací těchto vodovzdorných překližovaných desek je využití jako bednění střech. Důvodem použití je jejich vysoká nosnost a výhodně velká plocha. Hojně se tyto desky využívají jako vnější a vnitřní stěnové pláště nosných stěn domů. V tomto případě se vzniklé spáry mezi deskami následně vyplní vodovzdorným tmelem. Překližované desky lze použít také pro podlahové účely, ve spojení překližované desky s kročejovou izolací a OSB deskami vzniká podlahová plocha, kde není zapotřebí téměř žádných spojovacích materiálů, jelikož jsou desky k sobě navzájem přilepeny speciálními lepidly. Mezi další použití lze také zařadit obklady stěn v podobě panelů a profilové nosníky. [7]

Zajímavým způsobem využití překližovaného materiálu je výroba překližovaných trubek. Jedná se o výrobek, který je tvořen dvouvrstvými nebo třívrstvými překližovanými pásy, které jsou navíjeny na ocelový trn, a poté se slepují fenolickými nebo melaminovými pryskyřicemi. Výroba překližovaných trubek je zmíněná výše v textu v kapitole typy a materiálové řešení překližovaných desek. Velikost trubek bývá 50 až 400 mm, tloušťka závisí na druhu použitého materiálu, obvykle to bývá 5 až 25 mm. Konstrukční překližované trubky se využívají pro stavbu izolovaných stožárů. Potrubí lze napojit také na ocelové potrubí. Dalším druhem je překližované dopravní potrubí, které slouží pro přepravu minerálních nebo agresivních vod. Výhodu tohoto potrubí je vysoká pevnost a malá hmotnost. [9]

### **3.3 Degradací procesy dřeva a desek na bázi dřeva ve stavbách**

Materiály na bázi dřeva jsou ve své podstatě tvořeny podstatnou dřevěnou částí pojenou pojivou složkou (polymerní i anorganickou). Jelikož je dřevo přírodní organický materiál lze předpokládat jeho náchylnost k biotickému či abiotickému napadení, nicméně degradována může být i složka pojivá, a to zejména díky působení abiotických činitelů

K degradaci dřeva dochází při vhodných podmínkách, kterými jsou dostatečná vlhkost, teplota a přístup kyslíku. Zejména OSB desky jsou tvořeny z více než 90 % dřevem, a i přes chemickou úpravu a přítomnost pojiv mohou při vystavení nevhodným podmínkám výrazně degradovat. K hlavním degradačním činitelům patří atmosférické vlivy, napadení plísněmi, dřevokaznými houbami či dřevokazným hmyzem. [12]

### 3.3.1 Abiotická degradace

Pod pojmem abiotická degradace se rozumí poškození materiálů například vlivem povětrnostních vlivů, účinků slunečního záření, požáru nebo jiným neživým činitelem. Tuto degradaci můžeme rozdělit na tři skupiny, kterými jsou degradace fyzikální, atmosférická či chemická. [12]

**Atmosférická degradace** je většinou způsobena více faktory působícími najednou. Nejčastějšími degradačními faktory jsou voda, vzdušný kyslík, sluneční záření, agresivní plyny či různé druhy proudění. Můžeme zde taktéž zařadit degradaci prachem, pískem nebo větrem. Všechny tyto vlivy působí v tzv. synergickém účinku, tudíž ke změnám v materiálu dojde mnohem rychleji, než kdyby jednotlivé faktory působily každý zvlášť. Typickým případem atmosférické degradace je přirozené stárnutí dřevní hmoty, které se výrazněji projevuje zejména v exteriérových podmínkách. Na přirozené stárnutí dřeva má největší vliv sluneční záření a voda, působení například prachu a písku pak dodává na intenzitě primární degradaci. Proces atmosférické koroze lze rozdělit do těchto fází:

- vlivem slunečního záření dojde k degradaci ligninu, částečně i hemicelulózy;
- vyluhování ligninu a hemicelulózy vodou;
- vlivem písku, prachu nebo jiných činitelů dojde k vytržení fibril celulózy ze dřeva. [12]

Vlivem UV záření dochází zejména k chemickým reakcím ligninu, tento proces je doprovázen změnou barvy povrchu dřeva na tmavou. Tmavnutí dřeva je typické pro dřevo javoru, buku či habru. Vlivem deště pak dřevo šedne, jelikož se začnou tyto tmavé produkty vyplavovat. Typickým projevem atmosférické degradace je vedle tmavnutí či šednutí dřeva také jeho eroze, která může sahát do hloubky až několika milimetrů pod povrchem. Intenzita eroze je závislá například na druhu dřeva či jeho hustotě. Ve dřevu z jehličnatých stromů dochází k erozi rychleji, jelikož má větší podíl ligninu a také má výrazný rozdíl v hustotě jarního a letního dřeva. [12]

**Fyzikální degradace** se projevuje zejména změnami vlhkosti ve dřevě a teploty prostředí. Pokud dřevo sesychá či bobtná, mění své rozměry, čímž vzniká ve dřevu pnutí, které může vést až ke zborcení. Pokud je změna vlhkosti v konstrukci skoková, tak i pnutí je větší, tudíž dochází k fatálnějšímu poškození. Objemové změny způsobené přítomností vody taktéž mají vliv na různé mechanické vlastnosti, například pevnost, tvrdost či soudržnost. Pokud je teplota trvale pod -5 °C či nad 25 °C a vlhkost okolního prostředí pod 50 % či nad 60 % můžeme toto prostředí označit za destruktivní. [12]

**Chemická degradace** je reakce dřeva na působení různých agresivních chemikálií, kterými jsou zásady, kyseliny a jejich soli. Ke dřevu se tyto látky dostávají zejména ve formě plynů, kapalin či solí. K degradaci dochází buď přímo, kdy chemické látky reagují se dřevem přímo nebo nepřímo, kdy chemická látka pouze umocňuje jiné degradační reakce. Účinek chemické látky je dán její koncentrací, teplotou či délkou jejího působení na dřevo. Silné kyseliny, jako jsou kyselina chlorovodíková, sírová či dusičná, dokážou dřevo degradovat již při pokojové teplotě. Tyto reakce jsou podmíněny přístupem kyslíku k materiálu. Pokud by nebyl přítomen kyslík, průběh reakcí by se pozměnil a docházelo by k degradaci v tzv. anaerobních podmínkách, což je příklad i tzv. fosilizace dřeva. Proti chemické degradaci jsou odolnější dřeva z jehličnatých stromů, naopak méně odolnými jsou dřeva z listnatých stromů, protože jsou lépe propustné pro kapaliny i plyny, a obsahují vyšší množství hemicelulózy. [12]

**Degradace termickými procesy** je způsobena tím, že povrch neošetřeného dřeva je velmi dobře hořící materiál, a to díky svému chemickému složení. Rostlé dřevo je tvořeno cca 49 – 51 % uhlíku, 43 – 44 % kyslíku a 6 – 7 % vodíku. Termická degradace vzniká při ohřevu dřeva. Při teplotách pod 66 °C tyto reakce de facto neprobíhají. Mezi 66 °C a 110 °C se některé reakce mohou uskutečnit, přičemž tato teplota nemá žádný, maximálně nepatrný vliv na vlastnosti dřeva nebo jeho strukturu. Nad 150 °C však dochází k termickému narušení dřeva, kdy se začne rozkládat hemicelulóza, následně celulóza a nakonec lignin. [12]

Všechny výše uvedené vlivy se podílejí také na degradaci pojivové složky. Jelikož je používána poměrně široká škála pojiv, tak i jednotlivé účinky degradačních faktorů jsou ovlivněny chemickou podstatou pojiva, která determinuje jejich aplikaci i degradaci.

### 3.3.2 Biotická degradace

Biotickou neboli biologickou degradaci vztahujeme v případě materiálu na bázi dřeva zejména k dřevěné části. Dřevo je významně napadáno ve stavbě, ale k biologickému napadení dochází i u nepokáceného dřeva, kde na něj působí různé bakterie, houby či hmyz. Pro přežití těchto škůdců je nutná vlhkost, dostatečné teplo, a také přístup vzduchu (kyslíku). Nejvýznamněji dřevo poškozují dřevokazné houby a hmyz. Například napadení OSB desek dřevokazným hmyzem je nepravděpodobné díky přítomnosti chemických modifikací, avšak tyto desky jsou vždy v konstrukci připevněny k nosnému podkladu, který může být právě ze dřeva, tudíž musí být hodnocen i tento prvek. Pokud by byl například poškozen nosný prvek vlivem vlhkosti, která proniká přes OSB desku, mohlo by dojít k degradaci celé konstrukce. Proto je popsán tento druh degradace v dalších odstavcích. [12]

**Dřevokazné houby** ke svému přežití potřebují vlhkost dřeva cca od 18 % do 20 %, při nižší vlhkosti dřeva se dřevokazné houby prakticky nevyskytují. Relativní vlhkost by měla být mezi 85 % a 90 % a teplota od cca 3 °C do 40 °C. Degradace dřevokaznými houbami má za následek poškození buněčné stěny dřeva. Základními druhy hniloby dřeva jsou hnědá hniloba, kterou způsobují celulózovorní houby, a bílá hniloba, kterou způsobují ligninovorní houby. Jmenovat můžeme také měkkou hnilobu, která vzniká, pokud je dřevo v kontaktu s půdou. Ligninovorní houby napadají zejména lignin, celulózu a hemicelulózu méně. Ve větší míře je napadáno dřevo z listnatých stromů. Ligninovorní houby jsou závislé zejména na vlhkosti, pokud je zdroj vlhkosti odstraněn, přestávají růst či umírají. Ve větší míře se však u nás nevyskytují. Naopak celulózovorní houby napadají zejména dřevo z jehličnatých stromů, které se následně rozpadá ve tvaru kostek. Napadají zejména celulózu a hemicelulózu, méně pak lignin. Tento typ hub může prorůst i zdívkou. Růst celulózovorních hub však nezastavíme ani odstraněním vlivu vlhkosti. Obecně se dřevokazné houby šíří dřevem velmi rychle a způsobují jeho fatální rozklad. Nejčastěji vyskytující se celulózovorní houbami jsou popsány níže. [11, 12]

**Dřevomorka domácí** (*Serpula lacrymas*) je zástupkyní celulózovorních hub, která je velmi nebezpečná, protože je nejméně náročná podmínky potřebné k jejímu přežití. Ideální podmínky jsou pro ni při teplotách okolo 30 °C a vlhkosti 20 % bez přítomnosti proudícího vzduchu. Nejvíce se vyskytuje na krovech, pod podlahami, či ve sklepech. Dřevo napadené dřevomorkou je nejprve žluté až oranžové, postupně se zbarvuje do hněda, až se rozpadne na prach. Až několik let je schopna přežít v pro ni nepříznivých podmínkách, a při změně podmínek na příznivé se znovu aktivovat. Samotná dřevomorka má hnědé, na krajích pak bílé plodnice (viz obr. 12). V objektu se rozšiřuje pomocí tzv. rhizomorf, kterými může pronikat i zdívkou či betonem a hledá živiny pro svůj růst. [12]





Obrázek 12 - Napadení dřevomorkou domácí [16]

**Koniofora sklepní** (*Coniophora puteana*) potřebuje pro svůj růst teploty do 35 °C a vlhkost okolo 40 %. Dřevo se stejně jako u dřevomorky postupně rozpadá na prach. Je nebezpečná jak pro dřevo z jehličnatých, tak i listnatých stromů. Po rozložení celulózy začne napadat i lignin. Vyskytuje se všude tam, kde je dřevo mokré, tedy například v místech, kde zatéká srážková voda. Je to druhá nejnebezpečnější houba u nás hned po dřevomorce domácí (viz obr. 13). [11]



Obrázek 13 - Napadení konioforou sklepní [18]



**Dřevokazný hmyz** je hmyz, který využívá dřevo ke kladení vajíček, následně slouží pro stádium larvy jako potrava, přičemž vznikají chodbičky tzv. požerky, které dřevo degradují. Volný prostor v dutinách chodbiček poté způsobuje nižší objemovou hmotnost dřeva, a tím i nižší mechanické charakteristiky. Při detailnější popisu degradace je třeba si uvědomit, že život brouků se skládá ze dvou fází – larvy a dospělého brouka. Larvy se líhnou z vajíček po 8 – 20 dnech a žijí v průměru 1 rok. Poté se zakuklí u povrchu dřeva a vyvíjí se až 20 dní. Brouk se následně vylíhne a prokouše se vrstvou dřeva, poté opouští dřevo tzv. výletovými otvory, které jsou dobře patrné, ale ukazují pouze to, že dřevokazný hmyz již dřevo opustil. Život brouka je pak dlouhý cca 1 – 6 měsíců a během této doby může naklást do dřeva vajíčka a cyklus se pak opakuje. Pro výskyt hmyzu je nutná optimální vlhkost dřeva od 12 % – 18 % a teplota od 20 °C do 30 °C. Pod 10 % vlhkosti dřeva se dřevokazný hmyz téměř nevyskytuje. Nejběžnějšími zástupci dřevokazného hmyzu jsou červotoč proužkovaný a tesařík krovový. [12]

**Červotoč proužkovaný** (*Anobium punctatum*) se objevuje zejména na jehličnatém dřevu, výjimečně na listnatém a je velký cca 4 mm. Charakteristické pro něj je, že napadá dřevo na vnitřních stranách místností, nikoli na vnějších stranách. Napadá také nábytek či hudební nástroje. Živí se zejména bělovým dřevem, čerstvě vylíhnuté larvy se pak živí hemicelulózou. Výletové otvory bývají v průměru velké 1,5 – 2 mm a vypadávají z nich požerkový prášek. Přežívá i při teplotách okolo 46 °C, naopak při -15 °C zemře až 80 % larev (viz obr. 14).



Obrázek 14 - Červotoč proužkovaný [15]

**Tesařík krovový** (*Hylotrupes bajulus*) je 10 – 20 mm velký brouk napadající zejména jehličnaté dřevo. Je to jeden z největších škůdců dřeva. Pro svůj růst potřebuje teplo, proto vyhledává zejména slunná místa. Vyhledává i krytá místa, jelikož dobře nesnáší výkyvy teplot. Optimální teplota je okolo 29 °C. Výletové otvory jsou velké v průměru 5 – 10 mm a jsou vyplněny požerkovou drtí. Larvy se vyvíjejí 3 – 10 let, ve vlhčím dřevu se vyvíjejí rychleji (viz obr. 15).



Obrázek 15 - Tesařík krovový [21]

## 4. Praktická část

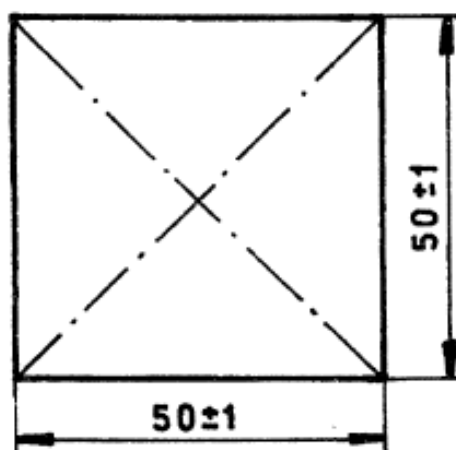
Materiály na bázi dřeva se používají pro různé stavební konstrukce, vyzdvihnout lze konstrukční detaily plochých střech. Tyto materiály jsou vhodné díky snadné manipulaci na stavbě, dále pro jejich snadnou úpravu na požadované tvary. Jak bylo prokázáno, tak použití OSB desek pro konstrukční detaily plochých střech se nejeví jako vhodné. Byla prokázána častá poruchovost a bobtnání vlivem vlhkosti nebo nesprávného zabudování do konstrukce. Předmětem praktické části této bakalářské práce je ověření trvanlivostních vlastností překližované desky v různých prostředích, konkrétně se jedná o překližovanou desku březovou PERI F/W tloušťky 21 mm. V rámci práce budou použity experimentální zkušební postupy, které nejsou normovými postupy. Jedna část je zaměřena sestavení skladeb plochých střech a následné zkoušení v prostředí, které reálně připomínají podmínky stavby. Dále bude prováděno zkoušení bobtnání různě upravených příčných hran překližované desky.

### 4.1 Vliv úpravy řezaných hran na bobtnání překližovaných desek

Bobtnání se určuje dle normy ČSN EN 317 [2]. Stanoví se měřením přírůstku tloušťky po úplném ponoření tělesa do vody.

#### 4.1.1 Příprava zkušebních těles dle ČSN EN 317

Zkušební tělesa jsou připravena a nařezána podle normy ČSN EN 317 [2]. Pro zkoušku jsou potřeba vzorky čtvercového tvaru o rozměrech  $50 \pm 1$  mm. Tloušťka těles se měří v průsečíku uhlopříček s přesností na 0,01 mm (viz obr. 16).



Obrázek 16 - Rozměry zkušebního tělesa dle ČSN EN 317 [2]

Počet zkušebních těles je 32 kusů, z toho 16 zkušebních těles je bez ošetření řezných hran, u dalších 16 zkušebních těles jsou řezné hrany ošetřeny ochranným nátěrem Remmers, což je

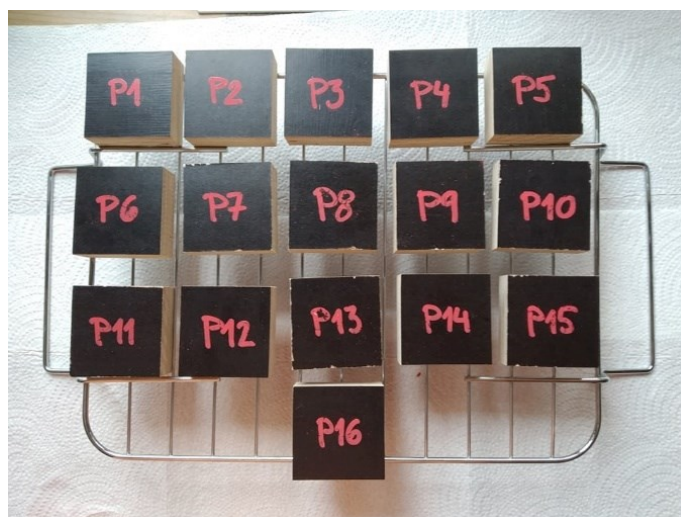
nátěr, který chrání příčné řezy před pronikáním vlhkosti (viz tab. 2). Nátěr je proveden v jedné vrstvě dle technického listu ochranného přípravku (viz příloha č. 1).

*Tabulka 2 - Označení počtu a typu použitých zkušebních těles*

Počet vzorků	Způsob ošetření hran vzorků	Typ použité desky
16	neošetřené hrany	překližovaná deska PERI F/W 21x1250x2500 mm
16	hrany ošetřené ochranným nátěrem proti pronikání vlhkosti	překližovaná deska PERI F/W 21x1250x2500 mm

#### 4.1.1 Postup zkoušky bobtnání dle ČSN EN 317

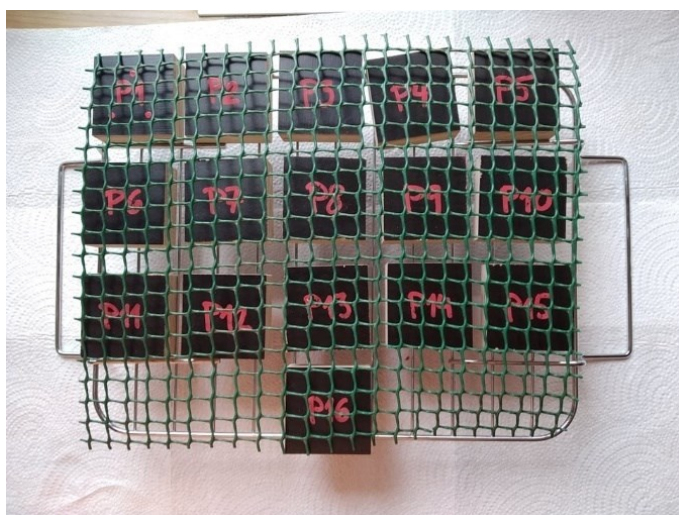
Zkušební tělesa byla ponořena do čisté, klidné vody, která má pH ( $7\pm 1$ ) a teplotu ( $20\pm 1$ ) °C. Tato teplota byla udržována po celou dobu zkoušení. Během zkoušky musí být zkušební vzorky od sebe vzájemně odděleny, také musí být odděleny ode dna a od okolních stěn vodní lázně. Horní plochy vzorků musí být minimálně 25 mm pod hladinou vody. Uvedený stav se zajistil tak, že vzorky byly umístěny na kovový rošt tak, aby se vzájemně nedotýkaly, aby bylo umožněno rovnoměrné navlhnutí (viz obr. 17) a (viz obr. 18). Pro zkoušku byla použita plastová nádoba. Protože mají vzorky menší hustotu než voda, bylo použito plastové pletivo, které bylo připevněno k ocelovému roštu pomocí provázku, a to z důvodu fixace vzorků pod vodou (viz obr. 19) a (viz obr. 20).



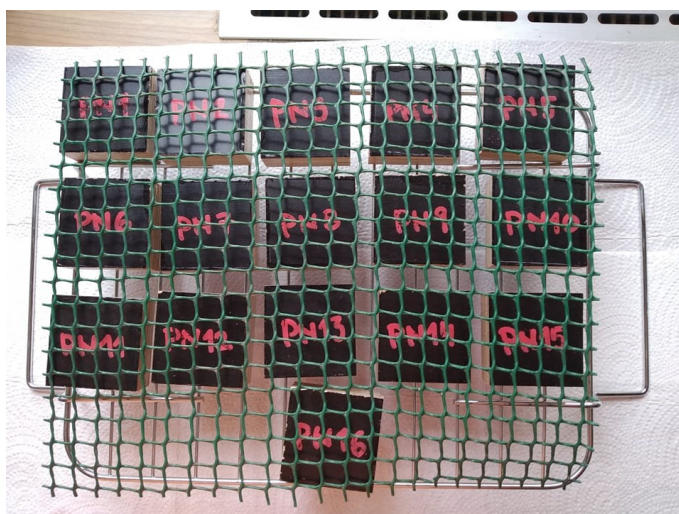
*Obrázek 17 - Vzorky s neošetřenými hranami*



Obrázek 18 - Vzorky s ošetřenými hranami



Obrázek 19 - Fixace vzorků s neošetřenými hranami



Obrázek 20 - Fixace vzorků s ošetřenými hranami



Doba ponoření pro překližované desky byla 24 hodin dle normy. Po uplynutí zkušební doby se zkušební vzorky vyjmuly, osušila se přebytečná voda a změřila se tloušťka každého zkušebního tělesa. Voda byla pro každou zkoušku vyměněna za novou.

Měření přírůstku tloušťky bylo provedeno mikrometrem. Mikrometr je velmi přesný měřicí přístroj, který měří s přesností na tři desetinná místa. Měření se provádělo ve třech bodech, ve dvou bodech min. 2,5 mm od okraje vzorku a třetí měření se provedlo uprostřed zkušebního vzorku. Výsledkem přírůstku tak je aritmetický průměr z těchto tří měření.

Bobtnání zkušebních vzorků se pak vypočítá dle vzorce:

$$G_t = \frac{t_2 - t_1}{t_1} \cdot 100 [\%] \quad (11)$$

kde:  $t_1$  – tloušťka zkušebního tělesa před ponořením [mm];

$t_2$  – tloušťka zkušebního tělesa po ponoření [mm].

#### 4.1.3 Vyhodnocení zkoušky dle ČSN EN 317

V první řadě bylo provedeno testování překližovaných desek bez ošetřených hran (viz tab. 3). Tyto vzorky jsou označeny písmenem P, zatímco vzorky s ošetřenými řeznými hranami písmeny PN. Pro klíčová měření byla použita sada mikrometrů (viz obr. 21), konkrétně byl použit mikrometr pro měření materiálů tloušťky 0 – 25 mm, kde nastával problém při měření střední hodnoty. Při použití mikrometru většího, tedy primárně pro tloušťky 25 – 50 mm, už tento problém nenastal. Měření bylo provedeno dle popsání postupu výše. Stejně vzorky byly po 24 hodinách ve vodní lázni vytáhnuty a osušeny a změřeny stejně jako suché vzorky.



Obrázek 21 - Sada mikrometrů

Stejným postupem byly získány hodnoty i výsledky pro vzorky s ošetřenými řeznými hranami ochranným prostředkem (viz tab. 4).

Bakalářská práce  
Ověřování vlastností překližovaných desek pro aplikaci v detailech plochých střech

*Tabulka 3 - Hmotnosti a aritmetické průměry naměřených tloušťek pro suché a nasycené vzorky s neošetřenými řeznými hranami*

Označení vzorků	Hmotnost vysušených vzorků [g]	Aritmetický průměr naměřené tloušťky vysušených vzorků [mm]	Hmotnost nasycených vzorků [g]	Aritmetický průměr naměřené tloušťky nasycených vzorků [mm]
P1	35,21	20,382	45,71	21,734
P2	34,64	20,256	45,86	21,643
P3	35,61	20,338	46,55	21,755
P4	35,11	20,355	45,89	21,750
P5	36,29	20,275	46,24	21,451
P6	34,71	20,262	45,07	21,435
P7	35,73	20,340	44,82	21,427
P8	35,15	20,248	44,55	21,283
P9	34,37	20,237	45,02	21,457
P10	35,54	20,353	48,20	21,743
P11	35,83	20,244	44,84	21,525
P12	35,10	20,354	46,48	21,426
P13	35,28	20,331	46,67	21,639
P14	35,37	20,262	45,66	21,574
P15	35,18	20,332	46,73	21,716
P16	34,91	20,364	46,53	21,869

*Tabulka 4 - Hmotnosti a aritmetické průměry naměřených tloušťek pro suché a nasycené vzorky s ošetřenými řeznými hranami ochranným prostředkem*

Označení vzorků	Hmotnost vysušených vzorků [g]	Aritmetický průměr naměřené tloušťky vysušených vzorků [mm]	Hmotnost nasycených vzorků [g]	Aritmetický průměr naměřené tloušťky nasycených vzorků [mm]
PN1	35,54	20,373	39,03	20,967
PN2	35,58	20,328	38,20	20,864
PM3	35,83	20,352	39,00	20,912
PN4	36,50	20,374	40,95	21,327
PN5	35,16	20,253	38,01	20,764
PN6	35,47	20,235	39,21	20,943
PN7	35,44	20,220	37,63	20,642
PN8	35,94	20,354	38,75	20,953
PN9	35,33	20,219	38,30	20,611
PN10	36,28	20,348	38,92	20,769
PN11	34,57	20,205	36,51	20,582
PN12	35,06	20,201	37,88	20,828
PN13	36,46	20,309	39,06	20,620
PN14	35,14	20,210	37,09	20,527
PN15	35,06	20,219	37,96	20,694
PN16	35,95	20,359	38,32	20,796

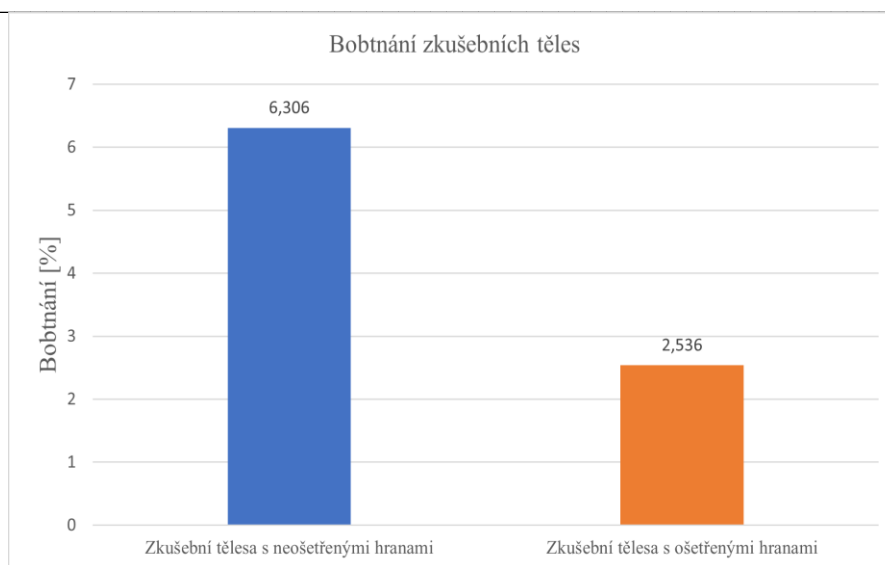
U naměřených hodnot v suchém stavu můžeme pozorovat, že tloušťka stanovená výrobcem není dodržena a hodnoty tloušťky desky jsou z pravidla menší než 21 mm. Příčinou může být nízká hodnota vlhkosti.

Výpočet bobtnání byl proveden dle vzorce z normy ČSN EN 317 [2], který je uveden výše v textu. Procentuální bobtnání jednotlivých zkušebních těles je uvedeno v tabulce (viz tab. 5). Byl také zhotoven graf, kde můžeme porovnat změny procentuálního bobtnání zkušebních těles při rozdílném ošetření řezných hran (viz obr. 22).

*Tabulka 5 - Výsledné hodnoty procentuálního bobtnání jednotlivých zkušebních těles s neošetřenými i ošetřenými hranami*

Označení vzorků s neošetřenými hranami	Bobtnání [%]	Označení vzorků s ošetřenými hranami	Bobtnání [%]
P1	6,633	PN1	2,916
P2	6,847	PN2	2,637
P3	6,967	PM3	2,752
P4	6,853	PN4	4,678
P5	5,800	PN5	2,523
P6	5,789	PN6	3,499
P7	5,344	PN7	2,087
P8	5,112	PN8	2,943
P9	6,029	PN9	1,939
P10	6,829	PN10	2,069
P11	6,328	PN11	1,866
P12	5,267	PN12	3,104
P13	6,434	PN13	1,531
P14	6,475	PN14	1,539
P15	6,807	PN15	2,349
P16	7,390	PN16	2,149
Průměrná hodnota	<b>6,306</b>	Průměrná hodnota	<b>2,536</b>





*Obrázek 22 - Graf výsledného bobtnání*

Výsledné hodnoty uvedené výše prokazují, že zkušební vzorky s neošetřenými hranami nabobtnaly znatelně více než zkušební vzorky opatřené ochranným nátěrem. Hodnoty u první sady vzorků se pohybují v rozmezí od 5,11 do 7,39 %. Druhá sada zkušebních těles, tedy tělesa opatřená ochranným nátěrem proti pronikání vlhkosti, si vedly z hlediska bobtnání lépe, můžeme zde pozorovat mnohem menší bobtnání, které se pohybuje od 1,53 do 3,59 %. U zkušební vzorku PN č. 4 došlo k největšímu nárustu bobtnání 4,678 %, které bylo i vizuálně patrné. V tomto případě mohla být příčinou skrytá vada použitého materiálu nebo pochybení při nátěru vzorku, který nezajistil redukci příjmu vody. Významný vliv ochranného nátěru řezných hran na bobtnání překližovaných desek však byl prokázán, jelikož ošetřené zkušební vzorky dosahovaly polovičních hodnot bobtnání než zkušební tělesa neošetřené.

#### **4.2 Experimentální simulace skladby ploché střechy ve vybraných prostředích**

Při provádění konstrukčních detailů plochých střech se musí dbát na řádné a kvalitní provedení, zejména pokud se jedná o materiály na bázi dřeva. Při použití těchto materiálů může docházet k degradacím v podobě hnilob nebo k napadení plísněmi. Degradace dřevokazným hmyzem nebývá obvyklá. Tyto degradace mohou být zapříčiněny především nesprávným návrhem samotného konstrukčního detailu, dále taky nesprávným provedením, kdy nejsou dodrženy předepsané technologické postupy, v neposlední řadě může být na vině nesprávná nebo dokonce žádná údržba ploché střechy. Údržbou střechy se rozumí dodržování pravidelných kontrol, které by měly být provedeny dvakrát ročně. Při nedodržení těchto kontrol může docházet k zanesení střešních žlabů a svodů, dále taky zanášení ochranných košů střešních vpustí. Při těchto závadách může docházet k nadměrnému zadržování vody,

čímž se zvyšuje vlhkost a může docházet k degradaci dřevěných prvků ploché střechy nebo k zatékání.

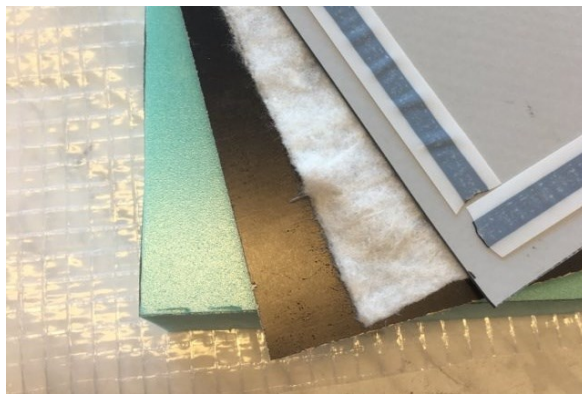
Klíčové je však provedení konstrukčních detailů, kde je důležité, aby byly provedeny kvalifikovanými pracovníky. Tento předpoklad ovšem nebývá zvykem. Při realizaci může také dojít k záměně materiálů, a to buď nezáměrně, nebo záměrně. Pokud je cíleně použit materiál levnější, ale za to kvalitativně horší, projektem navržený detail nemá požadované vlastnosti, a tím pádem může docházet k poruchám a degradaci ploché střechy. Další důležitou roli hrají detaily při oplechování atik, kdy musí být proveden spád směrem dovnitř střechy s předepsaným sklonem 5 %.

V této části praktické části bude provedeno experimentální zkoušení překližované desky, která je zabudována do skladby ploché střechy. Budou ověřovány vlastnosti tohoto materiálu v různých nasimulovaných prostředích a situacích.

#### 4.2.1 Příprava zkušebních vzorků

Zkušební vzorky vyrobené pro experiment mají rozměry  $200 \pm 2$  mm x  $200 \pm 2$  mm. Tyto rozměry byly zvoleny tak, aby umožňovaly simulaci prostředí a zároveň usnadňovaly přípravu částí z překližované desky, které jsou 1250 x 2500 mm. Skladba vzorků pro zkoušení (viz obr. 23) byla zvolena následovně:

- tepelněizolační vrstva tl. 50 mm;
- přířez překližované desky březové PERI F/W tl. 21 mm;
- separační netkaná geotextilie 300 g/m<sup>2</sup> FILTEK 300 (viz příloha č.2);
- vodotěsnicí vrstva z fólie z měkčeného polyvinylchloridu tl. 1,5 mm DEKPLAN 76 (viz příloha č.3).



*Obrázek 23 - Skladba zkušebního vzorku*

*Zleva: 1 – TI vrstva, 2 – překližovaná deska, 3 – netkaná geotextilie, 4 - fólie z měkčeného polyvinylchloridu*

Pro překližovanou desku a tepelnou izolaci bylo k dispozici pouze prohlášení o vlastnostech materiálu (viz příloha č.4) a (viz příloha č.5). Materiál k této práci poskytla společnost DEK a. s. Kromě výše uvedených materiálů byla pro výrobu vzorků potřeba parozábrana DEKFOL N 110 STANDART (viz příloha č.6) a oboustranná spojovací páska DEKTAPE SP1 (viz příloha č.7) pro lepení parozábrany.

Překližovaná deska a tepelná izolace byla nařezána na požadované rozměry, což jsou vzorky o hraně  $200 \pm 2$  mm, (viz obr. 24), v Laboratořích stavebních hmot. Na základě těchto rozměrů byla nařezána pomocí zalamovacího nože fólie z měkčeného polyvinylchloridu a separační netkaná geotextilie byla nastříhána nůžkami (viz obr. 25). Parozábrana byla použita v kombinaci s butylkaučukovou oboustrannou spojovací páskou, která zajistí dokonalejší těsnost vzorků tak, aby ve skladbě nedocházelo ke kondenzaci vodních par, nebo aby k tomuto jevu docházelo minimálně. Parozábrana byla nastříhána v rozměrech vždy o minimálně pět centimetrů širší, než je tloušťka celkového zkušební vzorku, což bylo  $73 \pm 2$  mm.



*Obrázek 24 - Nařezaná překližovaná deska a tepelná izolace*



*Obrázek 25 - Nařezaná fólie z měkčeného polyvinylchloridu a netkaná separační geotextilie*

Celkový počet vzorků je 36 kusů. Zkušební vzorky byly rozděleny do tří sad po dvanácti vzorcích. Každá sada po dvanácti vzorcích byla rozdělena do dalších tří sad, a to po čtyřech vzorcích, toto rozdělení bylo provedeno z hlediska různého množství z hlediska zabudované vlhkosti v separační vrstvě (viz tab. 6). Zkušební vzorky budou vystaveny různým nasimulovaným prostředím, tak aby co nejreálněji odpovídali podmínkám ve skutečné konstrukci.

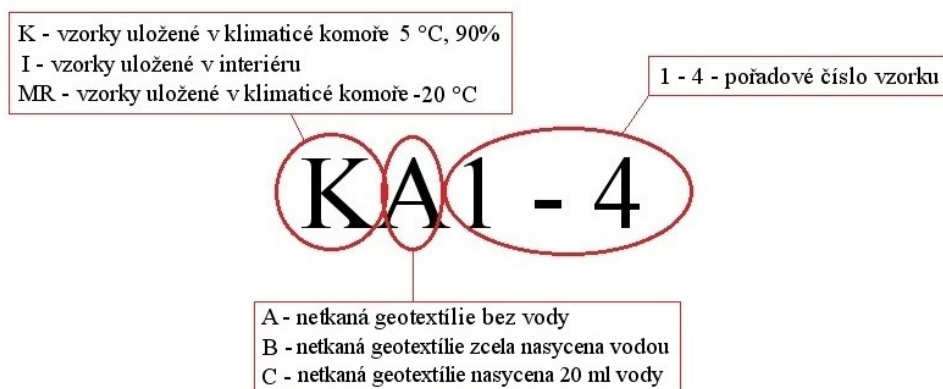
Vzorky budou uloženy do:

- 1) laboratorního prostředí – teplota okolního vzduchu bude cca 20 °C;
- 2) klimatizační komory – kde bude teplota nastavena na 5 °C a vlhkost prostředí na 90 %;
- 3) klimatizační komory – kde bude teplota nastavena na -20 °C.

*Tabulka 6 - Rozdělení zkušebních vzorků*

Uložení vzorků	Počet kusů v sadě	Obsah vody v geotextílii – žádná	Obsah vody v geotextílii - 20 ml	Obsah vody v geotextílii – zcela nasycená
Interiér cca 20 °C	12	4	4	4
Klimatická komora 5 °C, vlhkost 5%	12	4	4	4
Klimatická komora -20 °C	12	4	4	4
Celkový počet zkušebních vzorků	36	12	12	12

Systém značení těchto skladeb je uveden na obrázku č. 26.



*Obrázek 26 - Systém značení jednotlivých vzorků*



Zkušební vzorky byly sestaveny v pořadí, že první vrstva byla tepelná izolace, na kterou byla položena překližovaná deska, na desku se umístila separační netkaná geotextilie, která u každé sady vzorků měla jinou vstupní vlhkost (viz obr. 27). Poslední vrstvou je vodotěsná vrstva z fólie z měkčeného polyvinylchloridu. Takto sestavené vzorky byly zabaleny do parozábrany (viz obr. 28). Soudržnost se zkušebním vzorkem byla zajištěna pomocí spojovací butylkaučukové pásky. Zabalené vzorky byly doplněny o vrstvu strečové fólie, která má zajišťovat dokonalejší utěsnění zkušebního vzorku. Strečovou fólií byly obaleny zejména okraje vzorků, kde byla připevněna parozábrana.



*Obrázek 27 - Separální netkané geotextilie s rozdílnými vstupními vlhkostmi*

*Zleva: 1 – netkaná geotextilie v suchém stavu, 2 – netkaná geotextilie s 20 ml vody, 3 – netkaná geotextilie zcela nasycená vodou*



*Obrázek 28 - Pohled na zkušební vzorek*

*Zleva: 1 – sestavený zkušební vzorek, 2 – zkušební vzorek přichystaný ke klimatizování*

#### 4.2.2 Postup experimentální simulace v jednotlivých prostředích

Před uložením vzorků do příslušných prostředí, byly všechny vzorky zváženy a změřeny. Jednotlivé sady byly také rozděleny, podle použité geotextílie s rozdílnou vstupní vlhkostí. Naměřené hodnoty jsou uvedené v následujících tabulkách (viz tab. 7, 8 a 9).

*Tabulka 7 - Naměřené hodnoty zkušebních vzorků se suchou netkanou geotextílií v jednotlivých prostředích*

Druh umístění vzorků	Označení vzorků	Hmotnost vzorků před klimatizováním [g]	Rozměry vzorků [mm]
Klimatická komora 5 °C, vlhkost 90 %	KA1	763,42	202x201x74
	KA2	768,12	201x200x73
	KA3	753,53	201x198x75
	KA4	766,66	200x202x73
Laboratorní podmínky cca 20 °C	IA1	769,16	202x200x75
	IA2	766,42	202x201x73
	IA3	749,87	200x200x74
	IA4	764,81	201x202x73
Klimatická komora -20 °C	MRA1	748,16	200x200x74
	MRA2	773,14	202x201x75
	MRA3	770,96	202x202x74
	MRA4	768,34	201x201x74

*Tabulka 8 - Naměřené hodnoty zkušebních vzorků se zcela nasáklou netkanou geotextílií v jednotlivých prostředích*

Druh umístění vzorků	Označení vzorků	Hmotnost vzorků před klimatizováním [g]	Rozměry vzorků [mm]
Klimatická komora 5 °C, vlhkost 90 %	KB1	774,25	201x200x74
	KB2	786,77	202x201x74
	KB3	800,82	202x202x74
	KB4	785,86	202x201x74
Laboratorní podmínky cca 20 °C	IB1	784,63	201x202x74
	IB2	783,84	200x201x74
	IB3	783,69	201x201x75
	IB4	784,54	200x201x73
Klimatická komora -20 °C	MRB1	782,42	202x202x75
	MRB2	791,05	202x202x75
	MRB3	785,85	200x202x74
	MRB4	774,91	202x202x74

Bakalářská práce  
Ověřování vlastností překližovaných desek pro aplikaci v detailech plochých střech

*Tabulka 9 - Naměřené hodnoty zkušebních vzorků s částečně nasáklou (20 ml vody) netkanou geotextilií v jednotlivých prostředích*

Druh umístění vzorků	Označení vzorků	Hmotnost vzorků před klimatizováním [g]	Rozměry vzorků [mm]
Klimatická komora 5 °C, vlhkost 90 %	KC1	767,42	201x200x74
	KC2	783,62	202x201x73
	KC3	778,56	202x201x73
	KC4	784,24	201x201x74
Laboratorní podmínky cca 20 °C	IC1	788,49	201x200x75
	IC2	787,26	200x201x74
	IC3	778,93	201x201x73
	IC4	775,62	202x201x75
Klimatická komora -20 °C	MRI1	788,15	202x202x74
	MTI2	780,08	201x202x74
	MRI3	789,64	202x201x75
	MRI4	772,53	202x200x73

Zabalené a připravené vzorky byly umístěny do určitých prostředí. Vzorky musely být vloženy do klimatizačních komor ihned po zabalení, aby expozice v jiném prostředí nezkreslovala výsledky experimentu. Klimatizování vzorků probíhalo po dobu jednoho měsíce. Při klimatizování vzorků v klimatické komoře s nastavenou teplotou na -20 °C, docházelo k pravidelnému vytahování vzorků do laboratorních podmínek a následné vracení zpět do klimatické komory. Tento akt byl prováděn, aby byly co nejrealističtěji nasimulovány podmínky v reálné konstrukci, ke kterým dochází při změnách počasí. V případě klimatizování na 5 °C byly jednotlivé vzorky umístěny kvůli menší kapacitě klimatické komory na sebe, aby byl umožněn rovnoměrný průchod vzduchu kolem bočních stran vzorků. Horizontálně byly od sebe odděleny pomocí dřevěných hranolů (viz obr. 29). Vzorky uložené v podmínkách při teplotě -20 °C byly položeny na ocelový rošt zabudovaný v klimatické komoře (viz obr. 30).



Obrázek 29 - Horizontální oddělení vzorků pomocí dřevěných hranolů



*Obrázek 30 - Uložení vzorků na kovovém roštu v klimatické komoře s teplotou simulovanou na -20 °C*

#### **4.2.3 Vyhodnocení experimentální části**

Po uplynutí zkušební doby tedy po jednom měsíci, byly zkušební vzorky vytaženy z klimatických komor. Před jejich rozbalením byly všechny vzorky znovu zváženy, aby bylo zjištěno, zda vzorky vlivem vlhkosti zvýšily svou hmotnost. Vzorky byly rozbaleny a sledovalo se, jestli na jednotlivých deskách vznikly případné plísně nebo jiné vady a degradace.

U vzorků překližky pak byla změřena vlhkost pomocí hrotového odporového vlhkoměru, značky Elbez WHT-650 (viz obr. 31), dle normy ČSN EN 13183-2 [1]. Další měření bylo provedeno pomocí tvrdoměru značky PILODYN 6J Forest (viz obr. 32). Tento přístroj pracuje na principu vstřelení rázového kolíku a hodnotí se hloubka jeho vpichu odečtem ze stupnice.



*Obrázek 31 – Elektrický odporový vlhkoměr Elbez WHT – 650*





Obrázek 32 - PILODYN 6J Forest

Vzorky se suchou geotextilií byly uloženy do jednotlivých prostředí, prvním prostředím jsou laboratorní podmínky tedy cca 20 °C, druhým prostředím je klimatická komora, kde bylo nasimulováno 5 °C a vlhkost 90 % a posledním třetím prostředím je klimatická komora, s prostředím nastaveným na -20 °C. Z výsledných hodnot bylo vypočítáno, že vzorky uložené v klimatické komoře nastavené na 5 °C a na 90 % vlhkost, nabyly na hmotnosti o cca 2 g. U ostatních vzorků uložených ve zbylých prostředích nedošlo k téměř žádnému, nebo jen k minimálnímu přírůstku hmotnosti. Po vizuální stránce nebyly u žádného z vzorků, zaznamenány projevy vlhkostní degradace. Z hlediska měření vlhkosti a tvrdosti Pilodynu jsou nejvyšší hodnoty změřeny u vzorků v mrazicím boxu, kde dosahují vlhkosti v průměru 9,783 % a hloubky vpichu 7,835 mm. Naměřené hodnoty jsou uvedené v tabulce (viz tab. 10).

Tabulka 10 - Naměřené hodnoty vzorků se suchou netkanou geotextilií umístěné v jednotlivých prostředích

Druh umístění vzorků	Označení vzorků – suchá geotextilie	Hmotnost vzorků po klimatizování [g]	Naměřená průměrná vlhkost [%]	Průměrná hodnota vniku hrotu Pilodynu [mm]	Výskyt plísni
Klimatická komora 5 °C, vlhkost 90 %	KA1	765,92	9,57	7,33	NE
	KA2	770,54	10,00	7,00	NE
	KA3	755,76	8,60	7,33	NE
	KA4	769,14	7,23	7,00	NE
Laboratorní podmínky cca 20 °C	IA1	769,15	7,43	7,00	NE
	IA2	766,58	6,57	6,67	NE
	IA3	749,83	8,17	6,67	NE
	IA4	765,07	7,63	6,33	NE
Klimatická komora -20 °C	MRA1	748,56	9,43	8,00	NE
	MRA2	773,54	10,9	7,67	NE
	MRA3	771,51	9,53	8,00	NE
	MRA4	768,96	9,27	7,67	NE

Další zkušební sadou byly vzorky se zcela nasycenou netkanou geotextilií, které byly uloženy do jednotlivých prostředí. Tyto prostředí jsou totožné s předchozí zkoušenou sadou, jsou uvedené výše v textu. Hodnoty naměřené na těchto zkušebních vzorcích jsou uvedeny v tabulce (viz tab. 11).

*Tabulka 11 - Naměřené hodnoty vzorků se zcela nasycenou netkanou geotextilií umístěné v jednotlivých prostředích*

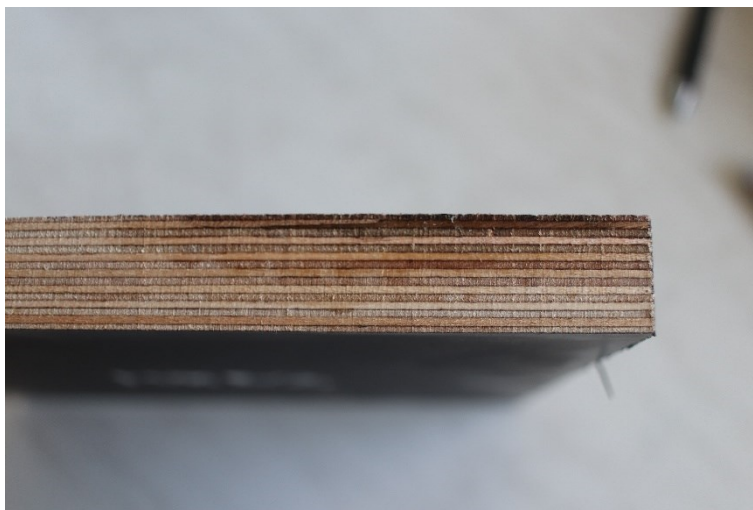
Druh umístění vzorků	Označení vzorků – zcela nasycená geotextilie	Hmotnost vzorků po klimatizování [g]	Naměřená průměrná vlhkost [%]	Průměrná hodnota vniku hrotu Pilodynů [mm]	Výskyt plísní
Klimatická komora 5 °C, vlhkost 90 %	KB1	775,52	13,3	7,33	NE
	KB2	987,81	15,73	7,33	NE
	KB3	802,27	16,23	6,67	NE
	KB4	787,18	18,03	7,33	NE
Laboratorní podmínky cca 20 °C	IB1	781,64	12,50	7,00	NE
	IB2	780,8	11,43	8,00	NE
	IB3	780,16	12,07	7,33	NE
	IB4	780,82	12,73	7,00	NE
Klimatická komora -20 °C	MRB1	782,12	18,93	7,33	NE
	MRB2	790,65	16,97	7,67	NE
	MRB3	785,38	15,27	7,00	NE
	MRB4	774,52	14,53	8,00	NE

Vzorky, které byly umístěny v klimatické komoře s prostředím 5 °C a s vlhkostí 90 %, jevíly známky vlhkostních map. Tyto mapy se vyskytovaly především na rozích vzorků (viz obr. 33). Hmotnost se zde zvýšila o cca 2 g.

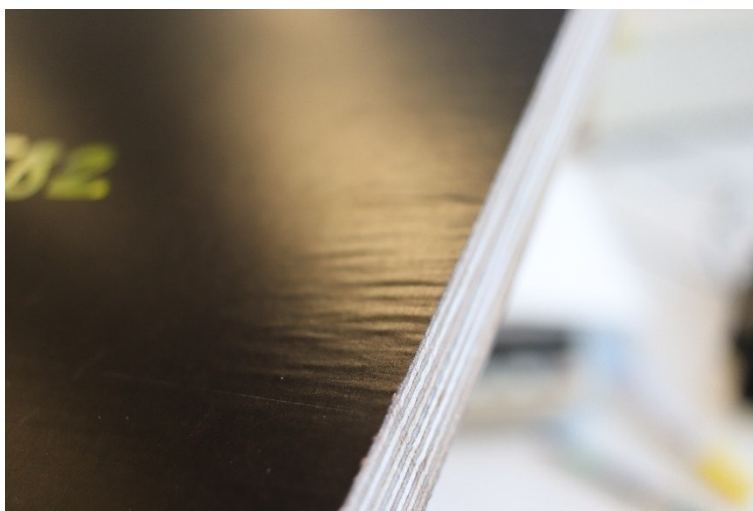


*Obrázek 33 - Zkušební vzorek se zcela nasycenou geotextilií z prostředí s teplotou 5 °C a vlhkostí 90 %*

U další sady vzorků, tedy u vzorků umístěné v klimatické komoře s nastaveným prostředím na teplotu  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , byly vysledovány podobné vlhkostní mapy, jako u předchozích zkušebních těles (viz obr. 34). Hmotnost se zde však zvýšila minimálně. Vzorky umístěné v laboratorních podmínkách nejevily žádné stopy vlhkostních map. V tomto případě bylo vypořizováno lehké zvlnění povrchové úpravy (viz obr. 35). V rámci všech vzorků nedošlo k výskytům plísní či jiné biologické degradace. Při měření vlhkosti a tvrdosti pomocí Pilodyn, byly zjištěny nejvyšší hodnoty u vzorků uložených v klimatické komoře s nastavenou teplotou  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , kde dosahují vlhkosti v průměru 16,425 % a hloubky vpichu 7,50 mm.



*Obrázek 34 - Zkušební vzorek se zcela nasycenou geotextilií z prostředí s teplotou  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$*



*Obrázek 35 - Zkušební vzorek se zcela nasycenou geotextilií z laboratorního prostředí*

Poslední skupinou zkušebních vzorků, jsou vzorky s částečně nasycenou separační netkanou geotextilií, jedná se o nasycení 20 ml vody. Tyto vzorky jsou uloženy ve stejných prostředích jako obě předchozí sady. Naměřené hodnoty jsou uvedené v tabulce (viz tab. 12).

Bakalářská práce  
Ověřování vlastností překližovaných desek pro aplikaci v detailech plochých střech

*Tabulka 12 - Naměřené hodnoty vzorků s částečně nasáklou (20 ml vody) netkanou geotextilií umístěné v jednotlivých prostředích*

Druh umístění vzorků	Označení vzorků – geotextilie 20 ml vody	Hmotnost vzorků po klimatizování [g]	Naměřená průměrná vlhkost [%]	Průměrná hodnota vniku hrotu Pilodyn [mm]	Výskyt plísni
Klimatická komora 5 °C, vlhkost 90 %	KC1	768,24	12,37	7,00	NE
	KC2	784,91	13,90	6,67	NE
	KC3	779,93	11,97	6,67	NE
	KC4	785,57	13,93	6,33	NE
Laboratorní podmínky cca 20 °C	IC1	785,82	11,93	8,00	NE
	IC2	785,39	11,50	8,00	NE
	IC3	777,38	11,53	8,33	NE
	IC4	773,75	11,53	8,33	NE
Klimatická komora -20 °C	MRC1	787,72	14,97	8,00	NE
	MRC2	779,63	15,80	7,67	NE
	MRC3	789,43	16,30	7,33	NE
	MRC4	772,01	13,70	8,00	NE

Při vizuálním hodnocení prvních dvou skupin vzorků, což byly vzorky uložené v klimatické komoře s teplotou 5 °C a s vlhkostí 90 % a vzorky uložené v laboratorních podmínkách cca 20 °C, nebyly vyzorovány téměř žádné změny, nebyly zde žádné vlhkostní mapy. Došlo pouze k minimálnímu zvlnění povrchu překližované desky, která byla uložena v klimatické komoře (viz obr. 36) a (viz obr. 37).

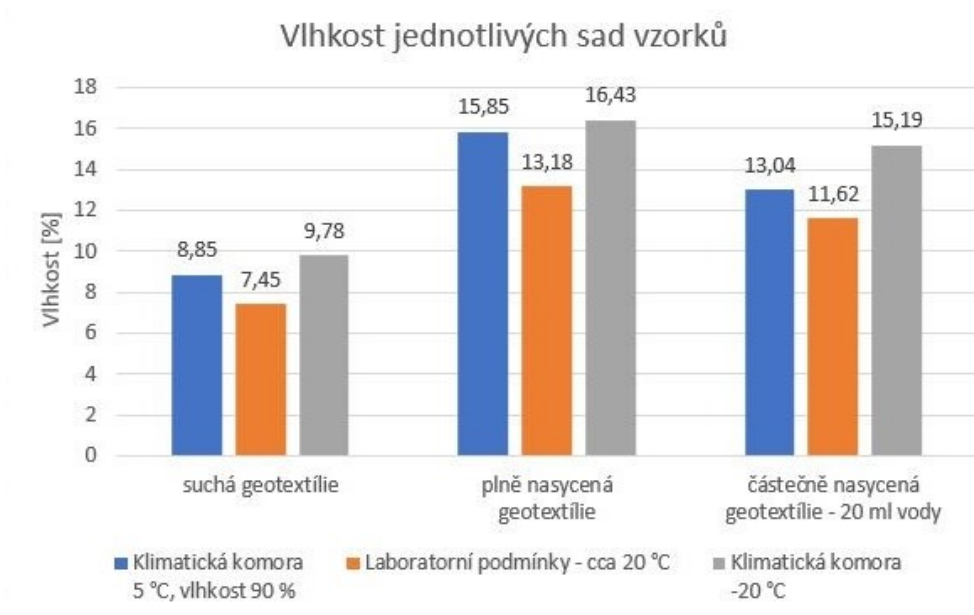


*Obrázek 36 - Zkušební vzorek s částečně nasycenou geotextilií (20 ml vody) z prostředí s teplotou 5 °C a vlhkostí 90 %*

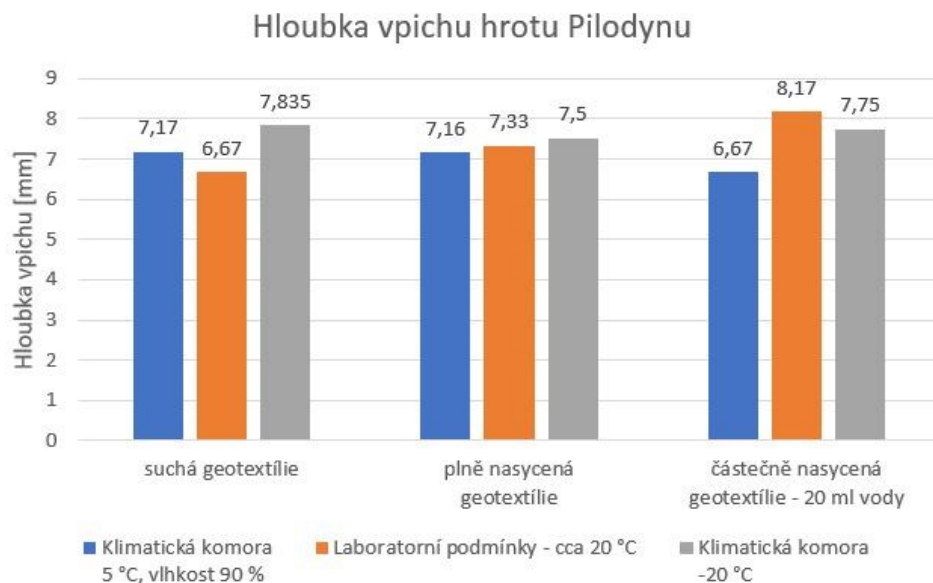


Obrázek 37 - Zkušební vzorek s částečně nasycenou geotextílií (20 ml vody) z laboratorního prostředí

Hodnoty naměřené vlhkosti a hodnoty hloubky vpichu Pilodynů byly mezi sebou porovnány, přičemž byl hodnocen vliv použité separační netkané geotextílie s rozdílnou vstupní vlhkostí a vliv umístění v jednotlivých prostředích. Výsledky jsou znázorněny v grafech, které můžeme vidět na obrázku č. 38 a na obrázku č. 39.



Obrázek 38 - Graf výsledných průměrných hodnot vlhkosti u jednotlivých sad zkušebních těles



Obrázek 39 - Graf výsledných průměrných hodnot hloubky vpichu Pilodynu u jednotlivých sad zkušebních těles

Z výsledných grafů viz výše je patrné, že tělesa uložená v klimatické komoře s teplotou nastavenou na -20 °C měla pro jednotlivé skupiny se stejnou zabudovanou vlhkostí vždy nejvyšší hodnotu vlhkosti. Nejvyšší naměřená vlhkost byla 16,43 %, konkrétně u vzorků s geotextilií zcela nasycenou vodou. Při měření tvrdosti pomocí Pilodynu bylo zjištěno, že největší hloubky vpichu bylo dosaženo u vzorků v laboratorních podmínkách s částečně nasycenou netkanou geotextilií. Díky působení vlhkosti došlo ke zvlnění a navlhnutí povrchové vrstvy, tím pádem mohlo dojít ke ztrátě její tvrdosti a odolnosti, proto byla hloubka vpichu vyšší než u ostatních zkušebních těles. Tato nejvyšší průměrná hodnota vpichu byla 8,17 mm. Nicméně v porovnání s nejnižší hodnotou vpichu 6,67 to není pokles příliš velký, je třeba si ale uvědomit, že měření probíhalo v kratším časovém horizontu.

V rámci experimentu bylo zjištěno, že nedošlo k výskytu plísní, a to ani v případě, kdy byla do zkušební vzorku vložena separační netkaná geotextilie se zabudovanou vlhkostí v různém množství. Byly vypořizovány vlhkostní mapy, které se vyskytovaly především na rozích vzorků. Hmotnost vzorků se nijak razantně nezvýšila, tyto hodnoty se pohybovaly v rozmezí od 1 až 3 g. Naopak docházelo ke snížení hmotnosti. Příčinou tohoto jevu může být odpařování zabudované vlhkosti materiálu.



## 5. Závěr

Cílem této závěrečné bakalářské práce bylo ověření vlastností překližovaných desek, které mohou být zabudovány do skladby ploché střechy, a to při použití v různých prostředích a při rozdílné vstupní vlhkosti. Tyto prostředí byly nasimulovány pomocí klimatizačních komor, jednalo se o to, aby byly co nejrealističtěji napodobeny podmínky, jaké by mohly nastat v reálných podmínkách stavby.

V první teoretické části práce byly rozebrány fyzikální a mechanické vlastnosti dřeva, jelikož s materiály na bázi dřeva úzce souvisí. V další části se pojednávalo o materiálech na bázi dřeva a o jejich vlastnostech. Byla zde především rozebrána výroba překližovaných desek a dalších materiálů na bázi dřeva používaných v konstrukci plochých střech, jejich materiálové řešení a vlastnosti. Další kapitolou je pak logicky aplikace materiálů na bázi dřeva ve stavebních konstrukcích, především v konstrukčních detailech plochých střech. Právě použití v plochých střechách přináší riziko vzniku biologických degradací, které jsou zde také rozebrány.

Praktická část byla rozdělena do dvou tematických bloků. V prvním bloku probíhalo zkoušení překližované desky na bobtnání. Zkoušky bobtnání byly provedeny na dvou sadách vzorků, kdy jedna sada vzorků byla bez ošetření řezných hran. Řezné hrany druhé sady vzorků byly ošetřeny ochranným nátěrem proti přijímání okolní vlhkosti. Prokázalo se, že vzorky s ošetřenými hranami nabobtnaly znatelně méně, bobtnání bylo v průměru 2,5 %, zatímco vzorky s neošetřenými hranami nabobtnaly v průměru 6,3 %. Z výsledků je patrné, že ochranný nátěr splnil svůj účel a zabránil pronikání vlhkosti do překližované desky. Takovou úpravu lze doporučit i pro prvky zabudované v konstrukci.

Ve druhém úseku praktické části probíhalo ověřování vlastností překližovaných desek, které byly zabudovány do běžné skladby ploché střechy. Byly vytvořeny tři skupiny vzorků, každá skupina měla jinou vstupní vlhkost, ve formě suché netkané geotextílie, zcela nasycené netkané geotextílie vodou a částečně nasycené netkané geotextílie vodou (20 ml vody). Jednotlivé sady byly zkoušeny ve třech různých prostředích. V prvním prostředí byly podmínky s teplotou 5 °C a s vlhkostí 90 %, další nasimulované prostředí bylo s teplotou -20 °C. Tyto prostředí byly vytvořeny pomocí klimatických komor. Při teplotě -20 °C byly vzorky pravidelně co tři dny vytahovány do laboratorního prostředí a následně byly vráceny do mrazu. Provádělo se to z důvodu přiblížení reálným podmínkám na stavbě při klimatických změnách. Třetím prostředím byly laboratorní podmínky s teplotou cca 20 °C. Vzorky byly vždy klimatizovány po dobu jednoho měsíce.

Po vyhodnocení zkušebních vzorků se ukázalo, že při jakékoli vstupní vlhkosti se zde neprojevily žádné plísně. Objevovaly se zde pouze vlhkostní mapy při okrajích vzorků a u některých vzorků bylo znatelné lehké zvlnění povrchové úpravy překližované desky. Zmíněné zvlnění souvisí s hodnotami vlhkosti a tvrdostí desek, které bylo zkoušeno pomocí Pilodyn. Největší hodnoty vlhkosti byly naměřeny u vzorků uložených v klimatické komoře při teplotě -20 °C, a to u všech vstupních vlhkostí. Nejvyšších hodnot vpichu, tedy k největší ztrátě tvrdosti, došlo u vzorků s částečně nasycenou geotextílií v laboratorním prostředí, což mohlo být zapříčiněné právě navlhnutím povrchové úpravy a ztrátou odolnosti. Obecně lze konstatovat, že právě vlhkostní objemové změny, ale i zmrazovací cykly, mohou být příčinou poklesu mechanických charakteristik a problematické zejména pak při spojování těchto desek.

Nicméně překližované desky ukázaly, že by mohly být vhodným materiálem do konstrukčních detailů plochých střech namísto stále používaných OSB desek. Samozřejmě by bylo vhodné podrobit desky dlouhodobějšímu zkoušení a taktéž provést testování spojů, které jsou v těchto konstrukcích aplikovány.



## 6. Zdroje

### NORMY

- [1] ČSN EN 13183-2: Vlhkost vzorku řeziva - Část 2: Odhad elektrickou odporovou metodou. 2004.
- [2] ČSN EN 317: Třískové a vláknité desky. Stanovení bobtnání po uložení ve vodě. 1996.
- [3] ČSN EN 338: Konstrukční dřevo. Třídy pevnosti. 2010.
- [4] ČSN 490110: Dřevo. Medza pevnosti v tlaku ve smeru vláken. 1980.

### ODBORNÉ PUBLIKACE

- [5] BÖHM, M., REISNER, J., BOMBA J. *Materiály na bázi dřeva*. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2012. ISBN 978-80-213-2251-6.
- [6] DEK a.s. *Interní materiály společnosti (veřejně nepřístupné)*.
- [7] HRÁZSKÝ, J., KRÁL, P. *Konstrukce a vlastnosti truhlářských překližovaných desek*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2005. ISBN: 80-7157-857-6.
- [8] HRÁZSKÝ, J., KRÁL, P. *Výroba dýh a překližovaných materiálů I*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 1999. ISBN: 80-7157-358-2.
- [9] HRÁZSKÝ, J., KRÁL, P. *Výroba dýh a překližovaných materiálů II*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2000. ISBN: 80-7157-423-6.
- [10] KHESTL, F. A P. MEC. *Stavební hmoty II*. Ostrava: FAST VŠB-TU Ostrava, 2013.
- [11] KUKLÍK, P. *Dřevěné konstrukce*. Praha: ČKAIT, 2005. ISBN 80-86769-72-0.
- [12] REINPRECHT, L. *Ochrana dřeva*. Zvolen: Technická univerzita, 2008. ISBN 978-80-228-1863-6.
- [13] SVOBODA, L. *Stavební hmoty*. Bratislava: Jaga, 2004. ISBN 80-8076-007.

### INTERNETOVÉ ZDROJE

- [14] *Cetris* [online]. [cit. 2021-04-27]. Dostupné z: <http://stavebninycerny.cz/cetris-10mm-1250x1116>

- [15] *Červotoč proužkováný* [online]. [cit. 2021-04-27]. Dostupné z:  
<https://www.skudci.com/cervotoc-prouzkovany>
- [16] *Dřevomorka domácí* [online]. [cit. 2021-04-27]. Dostupné z:  
<https://www.chytrestrechy.cz/cs/m-9-likvidace-drevokaznych-hub-a-plisni>
- [17] *Fyzikální a mechanické vlastnosti dřeva* [online]. [cit. 2021-04-27]. Dostupné z:  
<https://is.mendelu.cz/eknihovna/opory/index.pl?opora=554>
- [18] *Koniofora sklepní* [online]. [cit. 2021-04-27]. Dostupné z:  
<https://www.skudci.com/koniofora-sklepni>
- [19] *Makroskopická stavba dřeva* [online]. [cit. 2021-04-27]. Dostupné z:  
[https://akela.mendelu.cz/~xcepl/inobio/inovace/Stavba\\_dreva/SDR-pr01-makroskopicka\\_stavba\\_dreva.pdf](https://akela.mendelu.cz/~xcepl/inobio/inovace/Stavba_dreva/SDR-pr01-makroskopicka_stavba_dreva.pdf)
- [20] *OSB deska* [online]. [cit. 2021-04-27]. Dostupné z:  
<https://www.stavebninyzvysociny.cz/osb-desky/11219-osb-deska-4pd-nebrousená.html>
- [21] *Tesařík krovový* [online]. [cit. 2021-04-27]. Dostupné z:  
<https://www.desinsekta.cz/atlas-kdc/79-tesarik-krovovy>
- [22] *Vlastnosti dřeva* [online]. [cit. 2021-04-27]. Dostupné z:  
<https://www.oknotherm.cz/vlastnosti-dreva/>

## 7. Seznam obrázků

Obrázek 1 – Makroskopický vzhled vybraných dřevin [10].....	3
Obrázek 2- Tvarové změny dřevěných prvků vlivem sesychání dřeva [11].....	8
Obrázek 3 - Způsoby podélného borcení dřevěného prvku [10].....	9
Obrázek 4 - Truhlářská překližovaná deska [5] .....	18
Obrázek 5 - Vodovzdorná stavební překližka s protiskluzovou úpravou [5].....	18
Obrázek 6 - Regulace nánosu lepidla válcovými nanašečkami [9].....	23
Obrázek 7 - Polévací stroj [9].....	24
Obrázek 8 - OSB deska [20] .....	29
Obrázek 9 - Cetris desky [14] .....	31
Obrázek 10 - Detail tuhého okraje střechy - OSB deska [6].....	32
Obrázek 11 - Detail rohu atiky - překližovaná deska [6] .....	33
Obrázek 12 - Napadení dřevomorkou domácí [16].....	38
Obrázek 13 - Napadení konioforou sklepní [18].....	38
Obrázek 14 - Červotoč proužkovaný [15].....	39
Obrázek 15 - Tesařík krovový [21] .....	40
Obrázek 16 - Rozměry zkušebního tělesa dle ČSN EN 317 [2] .....	41
Obrázek 17 - Vzorky s neošetřenými hranami .....	42
Obrázek 18 - Vzorky s ošetřenými hranami.....	43
Obrázek 19 - Fixace vzorků s neošetřenými hranami .....	43
Obrázek 20 - Fixace vzorků s ošetřenými hranami .....	43
Obrázek 21 - Sada mikrometrů .....	44
Obrázek 22 - Graf výsledného bobtnání.....	47
Obrázek 23 - Skladba zkušební vzorku .....	48
Obrázek 24 - Nařezaná překližovaná deska a tepelná izolace.....	49
Obrázek 25 - Nařezaná fólie z měkčeného polyvinylchloridu a netkaná separační geotextílie.....	49
Obrázek 26 - Systém značení jednotlivých vzorků .....	50
Obrázek 27 - Separální netkané geotextílie s rozdílnými vstupními vlhkostmi.....	51
Obrázek 28 - Pohled na zkušební vzorek .....	51
Obrázek 29 - Horizontální oddělení vzorků pomocí dřevěných hranolů .....	53
Obrázek 30 - Uložení vzorků na kovovém roštu v klimatické komoře s teplotou simulovanou na -20 °C.....	54
Obrázek 31 – Elektrický odporový vlhkoměr Elbez WHT – 650.....	54

---

Obrázek 32 - PILODYN 6J Forest .....	55
Obrázek 33 - Zkušební vzorek se zcela nasycenou geotextilií z prostředí s teplotou 5 °C a vlhkostí 90 %.....	56
Obrázek 34 - Zkušební vzorek se zcela nasycenou geotextilií z prostředí s teplotou -20 °C ..	57
Obrázek 35 - Zkušební vzorek se zcela nasycenou geotextilií z laboratorního prostředí .....	57
Obrázek 36 - Zkušební vzorek s částečně nasycenou geotextilií (20 ml vody) z prostředí s teplotou 5 °C a vlhkostí 90 %.....	58
Obrázek 37 - Zkušební vzorek s částečně nasycenou geotextilií (20 ml vody) z laboratorního prostředí.....	59
Obrázek 38 - Graf výsledných průměrných hodnot vlhkosti u jednotlivých sad zkušebních těles .....	59
Obrázek 39 - Graf výsledných průměrných hodnot hloubky vpichu Pilodynu u jednotlivých sad zkušebních těles.....	60

## 8. Seznam tabulek

Tabulka 1- Rozdělení dřevin podle objemové hmotnosti v suchém stavu [13] .....	4
Tabulka 2 - Označení počtu a typu použitých zkušebních těles .....	42
Tabulka 3 - Hmotnosti a aritmetické průměry naměřených tloušťek pro suché a nasycené vzorky s neošetřenými řeznými hranami.....	45
Tabulka 4 - Hmotnosti a aritmetické průměry naměřených tloušťek pro suché a nasycené vzorky s ošetřenými řeznými hranami ochranným prostředkem .....	45
Tabulka 5 - Výsledné hodnoty procentuálního bobtnání jednotlivých zkušebních těles s neošetřenými i ošetřenými hranami .....	46
Tabulka 6 - Rozdělení zkušebních vzorků .....	50
Tabulka 7 - Naměřené hodnoty zkušebních vzorků se suchou netkanou geotextilií v jednotlivých prostředích.....	52
Tabulka 8 - Naměřené hodnoty zkušebních vzorků se zcela nasáklou netkanou geotextilií v jednotlivých prostředích.....	52
Tabulka 9 - Naměřené hodnoty zkušebních vzorků s částečně nasáklou (20 ml vody) netkanou geotextilií v jednotlivých prostředích.....	53
Tabulka 10 - Naměřené hodnoty vzorků se suchou netkanou geotextilií umístěné v jednotlivých prostředích.....	55
Tabulka 11 - Naměřené hodnoty vzorků se zcela nasycenou netkanou geotextilií umístěné v jednotlivých prostředích.....	56
Tabulka 12 - Naměřené hodnoty vzorků s částečně nasáklou (20 ml vody) netkanou geotextilií umístěné v jednotlivých prostředích .....	58

## **9. Přílohy**

Příloha č. 1 – Technický list ochranného nátěru příčných řezů

Příloha č. 2 – Technický list netkané geotextílie FILTEK 300 g/m<sup>2</sup>

Příloha č. 3 – Technický list hydroizolační fólie DEKPLAN 76

Příloha č. 4 – Prohlášení o vlastnostech překližované desky březové PERI F/W, tl. 21 mm

Příloha č. 5 – Prohlášení o vlastnostech tepelné izolace Fibran XPS 300 L, tl. 50 mm

Příloha č. 6 – Technický list parozábrany DEKFOL N 110 STANDART

Příloha č. 7 – Technický list spojovací oboustranné pásky DEKTAPE SP1